

El impacto de shocks contractivos de política monetaria en un modelo DSGE estimado con métodos Bayesianos para Chile.

Universidad Torcuato di Tella
Maestría en Econometría

Autor
Sebastián Piña

Tutor
Prof. Francisco Ciochini

Buenos Aires, Junio de 2016

“Del mismo modo que un sistema financiero saludable promueve el crecimiento, las condiciones financieras adversas pueden evitar que una economía logre alcanzar su potencial. Un sistema bancario débil luchando con préstamos imperfecto y capital insuficiente, donde la solvencia de las empresas se ve erosionada debido a la disminución del valor de sus activos producto del alto apalancamiento, son ejemplos de las condiciones financieras que podrían perjudicar el crecimiento”

Ben Bernanke, “The Credit Channel of Monetary Policy in the Twenty first Century”, Conferencia en la Federal Reserve Bank de Atlanta, 2007.

Resumen

El presente modelo corresponde a un *New Keynesian Model* DSGE estimado mediante métodos Bayesianos intentando explicar el impacto que presenta un shock contractivo de política monetaria sobre el ciclo real de la economía Chilena. Al igual que Gerali, A. et. Al. (2010), trabajo que utilizamos como base, incorporamos un sector financiero imperfectamente competitivo y con rigideces nominales (tasas de interés inflexibles) a lo Calvo (1983). Mediante ello estimamos el comportamiento de los principales agregados macroeconómicos comparando con el que efectivamente presentaron desde del tercer trimestre de 2008, momento en el cual se exterioriza la Crisis Financiera Internacional, encontrando que esta característica de la economía genera una persistencia mayor en los efectos del shock, que los mismos se ven magnificados por una alta exposición al riesgo en crédito corporativo, y que existe por parte del Banco Central de Chile una ponderación relativamente mayor a la hora de hacer frente a los desvíos de la inflación respecto al target establecido en su regla de política monetaria, en relación a otros indicadores macroeconómicos.

Palabras claves: Bancos; shocks de política monetaria; fricciones financieras; riesgo de crédito.

Abstract

This paper introduces a New Keynesian DSGE Model estimated with a Bayesian approach and trying to explain the impact of a contractionary monetary policy shock on the real business cycle of the Chilean economy. As of Gerali, A. et. Al. (2010), we incorporate an imperfectly competitive financial sector and nominal rigidities (inflexible interest rates) as Calvo (1983). We estimate the behavior of the main macroeconomic aggregates comparing to the presented since the third quarter of 2008, moment at which time the International Financial Crisis was externalized. We can find that this feature of the economy generates more persistence on the effects of the shock, that this are magnified by high exposure to corporate credit risk, and that the monetary policy reacts in an more aggressive way when inflation deviates from its target set in by the monetary policy rule, in comparison to other indicators.

Keywords: Banks; monetary policy shocks; sticky interest rates; credit risk.

Índice

1. Introducción	4
2. Repaso histórico, motivación y fundamento teórico.....	7
3. Construcción y solución de los modelos DSGE.....	11
4. Modelo	17
1. Familias y Empresas.....	17
1. Familias pacientes.....	18
2. Familias impacientes.....	18
3. Empresas.....	19
4. Demanda de préstamos y depósitos.....	21
5. Mercado Laboral.....	22
2. Bancos.....	22
1. Banco mayorista – <i>wholesale</i> -.....	23
2. Banco minorista – <i>retailer</i> -.....	24
3. Empresa <i>retailer</i>	24
4. Productores de bienes de capital.....	26
5. Política monetaria.....	26
6. Equilibrio.....	27
5. Estimación.....	27
1. Metodología y datos.....	31
2. Calibración.....	31
3. Las funciones <i>prior</i>	33
4. Las funciones <i>posterior</i>	33
6. Propiedades del modelo estimado.....	34
1. Shock contractivo de política monetaria.....	36
7. Resumen y conclusiones.....	37
8. Referencias bibliográficas.....	39
9. APENDICE A. Estimación de parámetros.....	43
10. APENDICE B. Análisis gráfico.....	46
11. APENDICE C. Datos.....	52
12. APENDICE D. Condiciones de primer orden y determinación del equilibrio.....	53
13. APENDICE E. Representación del modelo.....	56

1 Introducción

Reconocidas crisis internacionales tales como la Gran Recesión de 1930 y la crisis de préstamos y ahorros de la década del 1980 originadas en EE.UU, extendiéndose a las recesiones de Finlandia y Japón en la década de 1990, han sido una suficiente evidencia histórica de que el rol de los bancos en la economía puede afectar significativamente su funcionamiento.

La crisis financiera internacional de 2008 introdujo a los bancos nuevamente en centro de atención debido al desencadenamiento de grandes pérdidas producto de la alta exposición al riesgo en crédito, y nuevamente, una grave recesión a nivel mundial. Chile no fue la excepción, y desde la caída del Banco Lehman Brothers en Septiembre 2008 enfrentó una contracción en su economía durante 4 trimestres, recuperando su valor luego de 2 años.

Explicar los ciclos reales de la economía ha estado durante décadas en el centro de la investigación macroeconómica. Su evolución se vincula desde los modelos Keynesianos desarrollados en la década del 1960 y 1970, y que por su larga escala e inflexibilidad cayeron bajo la crítica en sus fundamentos teóricos y de identificación por Lucas (1978) y Sims (1980) principalmente, lo que fue un paso intermedio para el origen del contemporáneo método de estimación micro fundamentado mediante modelos DSGE - *Dynamic Stochastic General Equilibrium* por su sigla en inglés- introducidos inicialmente por Kydland y Prescott (1982). Estos buscan explicar los ciclos reales desde una perspectiva estructural, donde los agentes económicos adoptan comportamientos optimizadores y beneficiados de expectativas racionales. Estos modelos desembocan en los modernos *New Keynesian DSGE models* - Modelos NKM DSGE de ahora en adelante- surgidos en la década del 1990 y diferenciándose al incorporar estructuras de precios y de mercado más rígidas, como por ejemplo *sticky prices* a lo Calvo (1983).

En paralelo a la evolución del terreno teórico, los grandes avances también se adjudicaron al aparato econométrico aplicado a estos modelos. Así, el método de estimación Bayesiano surge como una de las herramientas más prometedoras para estimar y evaluarlos, con reconocidas ventajas en cuanto a su consistencia teórica y poder de explicación en comparación a otros métodos de estimación tales como los *Vector Autoregressions* (VAR), *Vector Error Correction Models* (VECM), o *Bayesian Vector Autoregressions* (BVAR), entre otros¹.

El modelo que se desarrolla en el presente trabajo es un NKM DSGE estimado con métodos Bayesianos. Puesto que combinan un sólido marco teórico con un buen ajuste empírico, esta metodología se posiciona como una de las herramientas más atractivas en la estimación econométrica, siendo utilizadas no solo en el ámbito académico sino también en importantes

¹ Algunas referencias en las cuales se justifica lo expuesto las podemos encontrar en Smets y Wouters (2003), y Adolfson, Lindé and Villani (2007), entre otros.

instituciones de política económica como lo son el Fondo Monetario Internacional (FMI), Banco Central Europeo (ECB) o las Reservas Federales (FED).

La introducción de fricciones en los mercados financieros y aplicados en los modelos DSGE se origina con Bernanke, Gertler y Gilchrist (1999) y Iacovello (2005), pero en este caso los bancos no cumplen aun un rol de intermediación. A diferencia de ello, y tomando como referencia la estructura propuesta por Gerali et al. (2010) para la Unión Europea, y por ende basado en Christiano et al. (2005) y Smets y Wouters (2003), este trabajo incorpora al sector bancario como intermediario financiero con poder monopolístico y rigidez en la determinación de tasas. El fin es poder comprender el rol de los bancos en el ciclo real de la economía mediante el mecanismo de transmisión que ejercen ante shocks de política monetaria, y por ende conocer el impacto que esto genera sobre ellos como sector.

Más específicamente, en la economía propuesta podemos encontrar dos tipos de familias diferenciadas en base a su grado de paciencia, y las empresas. Las primeras consumen, trabajan y acumulan stock de viviendas, en tanto que las empresas producen un bien intermedio homogéneo utilizando capital – adquirido de los productores de capital – y demandan trabajo ofrecido por los individuos mediante sindicatos.

El rol de los bancos es el siguiente: operan en un régimen de competencia monopolística fijando las diferentes tasas para las empresas y los individuos con un ajuste - variable en el tiempo y que depende del costo marginal de producción de préstamos y el costo del capital - aplicado sobre la tasa interbancaria, que a su vez es determinada por una regla de política monetaria llevada a cabo por el Banco Central. La demanda de préstamos está limitada por el valor de garantía de las viviendas para los hogares impacientes y de capital para los empresarios. La financiación de los bancos se origina ya sea mediante el mercado interbancario a una tasa establecida por la autoridad monetaria, recogiendo depósitos de los hogares pacientes - a una tasa establecida por los propios bancos -, o reinvertiendo ganancias de capital propio.

Los trabajadores representan la oferta laboral mediante sindicatos, los cuales determinan los salarios en orden de maximizar la utilidad de sus miembros sujeto a costos de ajuste de tipo inflacionarios o friccionales. El mecanismo planteado consta en vender las horas de trabajo vinculadas a una amplia gama de servicios a un mercado competitivo representado como agencias de trabajo -que funciona como emparador de trabajo- y que luego las ofrece a favor de las empresas como producto unificado.

Encontramos a su vez dos sectores productivos adicionales: *retailers* vinculados a un mercado con competencia monopolística, y un sector productor de capital en competencia perfecta.

Si bien es de nuestro conocimiento que los países de Latinoamérica y el Caribe tienen el desafío de lograr un mayor desarrollo de sus sistemas financieros², encontramos en la región una

² Véase CEPAL " El sistema financiero en América Latina y Caribe: Una caracterización", Serie Financiamiento para el Desarrollo N°148, 2013.

distribución desigual en la que Chile se posiciona con superioridad al resto de los países, y en línea con algunos del primer mundo. Esto queda fundamentado al considerar que al año 2011 el 42% de la población mayor a 15 años presentaba cuenta en instituciones financieras, que existía una profundidad del sector bancario de 65% en relación al PBI, una participación de 70% del crédito domestico dirigido al sector privado medido en termino de producto, un ratio de 1.62 en la creación de préstamos mediante depósitos, y ser el único con una capitalización bursátil superior al 100% del PBI. En cuanto a estas características expuestas se basa nuestra motivación para aplicar el modelo en desarrollo a este país latinoamericano.

El modelo es estimado mediante métodos Bayesianos basados en el trabajo de Gerali et.al., (2010) y tomando como referencia trabajos de investigación previamente aplicados en la economía Chilena como lo es Medina, J.P. y C. Soto (2007)³. A su vez, no guiamos mediante evidencias empíricas⁴ y estimaciones propias⁵ utilizando datos trimestrales entre los años 1998:Q1 y 2015:Q4.

De esta forma encontramos que nuestros resultados se encuentran en línea a dichos autores, destacando que en Chile existe una alta exposición al riesgo de crédito corporativo, incluso mayor a la estipulada, y una regla de Taylor aplicada por el Banco Central que presenta una ponderación relativamente más alta sobre la inflación en relación a otros agregados de interés, como por ejemplo el crecimiento. Esto genera que un shock contractivo de política monetaria presente un impacto mayor en la volatilidad de los préstamos a empresas a pesar de que el efecto inmediato sobre los créditos destinados a las familias sea mayor, como a su vez una reacción inmediata por la política monetaria con el fin de evitar una caída prolongada en la inflación o desvío de su target. En cuanto al sector Bancario, si bien registra un aumento en su capital al corto plazo inmediato, el mismo se convierte en negativo y recupera su estado estacionario luego de un considerable periodo de tiempo. Cabe destacar que como consecuencia de la estructura planteada, la persistencia de un shock de política monetaria es alta.

El trabajo continua de la siguiente manera. En la segunda etapa presentamos la motivación y fundamento teórico. En la tercera generamos un desarrollo teórico sobre la construcción de los modelos DSGE, en la cuarta presentamos nuestro modelo, luego en la quinta se encuentra el fundamento y resultados de la estimación realizada, y continuamos con la sexta etapa del trabajo donde realizamos el análisis de las funciones de impulso y respuesta como a su vez las propiedades del modelo, y finalizamos en la séptima sección con las conclusiones y resumen.

³ Principalmente Medina, J.P. y C. Soto (2007), Christiano et al. (2007) y Good-friend y McCallum (1997).

⁴ Véase en el apéndice bibliográfico las revistas consultadas para FMI y CEPAL.

⁵ De ser necesario, solicitar al autor los archivos de Eviews y Excel que contienen los datos originados en la página del Banco Central de Chile. Así también, el código de Dynare programado para el desarrollo de este modelo. Mail: s.pina.gelardi@gmail.com.

2 Repaso histórico, motivación y fundamento

En el siguiente apartado presentamos una descripción de la literatura más relevante como así hechos sobresalientes y vinculados al desarrollo de modelos DSGE que inspiraron nuestra elección como objeto de estudio.

Durante los años 1960 y 1970, los modelos macroeconómicos fueron la principal herramienta disponible para análisis macroeconómico aplicado. Estos se componían por cientos de ecuaciones que vinculaban a las variables de interés con factores explicativos tales como indicadores de política económica. La elección de estos se asociaba a motivos puramente empíricos basados en datos históricos.

A fines de la década de 1970 y principios de 1980, estos modelos fueron objeto de duras críticas. Desde un punto de vista empírico, se enfrentaron con la aparición de procesos de estanflación, lo cual era incompatible con la descendente curva de Phillips tradicional incluida en ellos. Otra crítica fuerte en el aspecto empírico se origina por Sims (1980), quien puso en duda la práctica usual de incorporar variables exógenas, es decir, determinadas fuera del modelo ya que se consideraba un supuesto ad-hoc que excluía mecanismos de retroalimentación entre las variables incluidas en los modelos.

No obstante, la crítica principal se origina por el lado teórico y proviene de Lucas (1976), quien señaló que la estanflación era sólo un reflejo de un problema teórico más general, señalando que los agentes se comportan de acuerdo a un enfoque de optimización dinámica y formación racional de expectativas, considerando las condiciones económicas del pasado, presente y futuro utilizando toda la información disponible. A diferencia de ello y por estar sesgados exclusivamente al pasado, los modelos tradicionales no podían explicar el papel de las expectativas en el comportamiento de agentes económicos, y por lo tanto originando una imperfección a la hora de predecir.

Como respuesta a estas críticas, en la década de 1980 existió un cambio de paradigma cuya génesis se puede encontrar en el trabajo de Kydland y Prescott (1982). En este artículo, las decisiones de los agentes económicos se fundamentaban de forma micro estructural, en el marco de un modelo DSGE, incorporándose expectativas sobre todos los hechos futuros posibles. El modelo de la economía era perfectamente competitivo y sin fricciones, con precios y cantidades con ajuste a su valor de a largo plazo -los niveles óptimos- luego de un shock la impactara. Esto se pretendía describir mediante funciones de impulso y respuesta.

Este modelo llegó a ser conocido como el enfoque *RBC* a la modelización macroeconómica, y ha sido reconocido como uno de los avances más importantes de la macroeconomía moderna, estableciendo firmemente a los modelos DSGE como el nuevo paradigma de la teoría macroeconómica.

Sin embargo, pronto fue objeto de críticas. Una de sus principales limitaciones era que, con precios totalmente flexibles, bajo ciertas condiciones cualquier decisión por parte de la autoridad monetaria no tendría ningún impacto sobre las variables reales y, por tanto, quedaba en duda la existencia del rol de la política monetaria⁶. Ante las fluctuaciones cíclicas como respuesta óptima de la economía a los shocks exógenos, las políticas de estabilización no serían necesarias e incluso podrían ser contraproducentes ya que desviarían la economía de dicha respuesta óptima, lo que a su vez genera un contraste con la visión keynesiana de generar correcciones por medio de políticas económicas orientadas a la expansión de la demanda agregada.

Las insuficiencias de los modelos *RBC* comenzaron a ser superadas en la década de 1990 cuando, conservado su estructura original, se comenzaron a introducir algunas hipótesis de lo que sería la denominada Macroeconomía Nekeynesiana, una nueva escuela de pensamiento. Esta escuela comparte el enfoque de modelo *RBC* en cuanto a que la macroeconomía requiere de microfundamentos rigurosos, como también del uso de modelos DSGE como instrumento principal. Sin embargo, asume que la economía se encuentra sujeta a una variedad de imperfecciones y rigideces, siendo estos los elementos clave para comprender la dinámica del mundo real. Basado en este punto de vista, se introdujo la competencia monopolística y varios tipos de rigideces nominales y reales, así como un conjunto más amplio de perturbaciones aleatorias. Algunos ejemplos notables son la incorporación de precios rígidos siguiendo los estudios referentes como Calvo (1983); los costos de ajuste de capital por Rey (1991); y shocks por el lado de la demanda como en Rotemberg y Woodford (1995).

Entre la literatura relevante donde se destacan las mejoras de los modelos DSGE encontramos los desarrollos recientes vinculados a la pegajosidad nominal a los salarios por Erceg, Henderson y Levin (2000); la introducción de hábitos en la formación de consumo dentro de la función de utilidad por Abel (1990); el precio y la indexación de los salarios y la inclusión de los costos de ajuste en la inversión como en Christiano, Eichenbaum y Evans (2005).

La evolución paralela en la teoría de la econometría

Los principales avances que se lograron con respecto al aparato econométrico han ido de la mano con los modelos DSGE. De hecho, numerosos procedimientos se han propuesto para parametrizar y evaluarlos. En cuanto a ello, y como sugiere Geweke (2006), pueden clasificarse de acuerdo con una interpretación *débil* o *fuerte*.

En cuanto a la interpretación *débil*, encontramos el enfoque vinculado con la calibración. Este método fue propuesto originalmente por Kydland y Prescott (1982), y consta del proceso mediante el cual se atribuyen valores a los parámetros basados en información de estudios previos o desde el conocimiento general, y cuyo fin es obtener un modelo con la mayor capacidad

⁶ Esta situación se vincula con el ajuste de inflación directamente proporcional a movimientos en la tasa de interés nominal. Cabe destacar que esto no es una generalización absoluta dado que podemos encontrar modelos con dinero en la función de utilidad en el que este y el consumo no entran de manera separable, y no existe súper neutralidad en la política monetaria.

de replicar determinados hecho estilizados. Otro enfoque incluido en la interpretación *débil* es el método generalizado de momentos (GMM), aplicado en el caso de Christiano y Eichenbaum (1990), donde los parámetros se eligen de manera tal que las ecuaciones de equilibrio seleccionadas se verifiquen tan precisamente como sea posible.

En lo que respecta a los puntos *fuertes* sobre la interpretación econométrica de los modelos DSGE encontramos el hecho de tomar en cuenta todo el conjunto de implicancias, tratando de obtener estimaciones que son capaces de proporcionar una caracterización completa de las observaciones. Estos métodos, denominados métodos de información completa, incorporan todas las características posibles en la estimación. Por lo contrario, los modelos vinculados a la interpretación *débil* se denominan métodos con información limitada, justamente por esta limitación.

Existen básicamente dos métodos dentro de la categoría de interpretación *fuerte*: el método clásico, y el método Bayesiano para la estimación por máxima verosimilitud (MLE). Ambos métodos se basan en la especificación de una estructura probabilística para el modelo que permite la construcción de una función que expresa la probabilidad de observar un determinado conjunto de datos en base a los parámetros del modelo subyacente. Esta es calculada mediante diferentes combinaciones de parámetros con el fin de encontrar aquella que logra el conjunto de datos considerado más probable – maximiza la función de probabilidad-.

En su versión clásica, las estimaciones de los parámetros se obtienen directamente a partir de este proceso, siendo simplemente valores encontrados para producir el valor máximo de dicha función de probabilidad o verosimilitud. Entre sus aplicaciones vinculadas a modelos DSGE, destacamos autores tales como Kim (2000) e Irland (2001).

En cuanto al método bayesiano de máxima verosimilitud, se incorpora una función adicional denominada a priori – *prior* de ahora en adelante-, y que representa la probabilidad ex ante que un investigador le atribuye a posibles y diferentes valores de los parámetros. Para ello se fundamenta en consideraciones previas en base a la observación de los datos, estudios anteriores, o en sus creencias personales. Esta información ex ante se combina luego con la información de la verosimilitud, y la función resultante puede ser maximizada con respecto a los parámetros de una manera similar a la descrita previamente, hasta que la combinación de ellos produce el valor más alto de la función objetivo. La aplicación de estas técnicas de estimación en un modelo DSGE se realizó inicialmente por De Jong et al. (2000) y desde entonces han sido adoptadas por varios investigadores.

Al comparar las dos interpretaciones econométricas de un modelo DSGE, si bien existen ventajas y desventajas, la superioridad de la interpretación *fuerte* es clara, tanto desde una perspectiva económica y como desde el punto de vista estadístico. Por un lado es atractiva ya que se obtienen los parámetros estimados empleando todas las restricciones implícitas en el modelo, lo que permite una mayor caracterización del proceso de generación de datos. Por el otro lado, implica una mayor eficiencia por el uso de toda la información disponible.

El método de estimación Bayesiana es el más popular dentro de los categorizados como modelos de información completa. En cuanto a sus ventajas relativas, destacamos que la estimación no es sensible al valor estimado de cada parámetro ya que cada uno de ellos es estimado independientemente del valor particular de los otros. A su vez, permite incorporar formalmente el uso de información a priori originaria de estudios previos o simplemente reflejada en las opiniones personales del investigador – las funciones *prior*-, y producen automáticamente una gran gama de información útil y enfocada en lo que es el análisis y la predicción, como por ejemplo, distribuciones de probabilidad para los parámetros, las funciones de impulso respuesta, previsiones, descomposición de varianza, etc.

El desarrollo de un marco econométrico más profundo ha permitido a los modelos DSGE ampliar considerablemente su ámbito de aplicación. Incluso, en muchos casos superan a las herramientas más tradicionales como los VAR, VECMs, BVAR, y paseos aleatorios, entre otros.⁷

La posibilidad de combinar un fuerte marco teórico con un buen poder explicativo de la evidencia empírica ha convertido modelos NKM DSGE en una de las herramientas más atractivas para la modelización macroeconómica moderna y ha llevado a su uso generalizado. Son objeto de atención no sólo en el ámbito académico, sino también en una serie de instituciones de política económica. Algunos ejemplos destacados entre los organismos que los utilizan son: el FMI (Fondo Monetario Internacional), cuyo modelo fue presentado en Kumhof y Laxton (2007) y se ha utilizado, por ejemplo, para analizar los efectos de la política fiscal sobre la economía de Estados Unidos; el Banco de Suecia basado en Adolfson, Laséen, Lindé and Villani (2007) para realizar estudios de análisis y predicción; el banco de Finlandia con el modelo AINO desarrollado por Kilponen and Ripatti (2006) y que es utilizado como el modelo principal para realizar predicciones en dicho país; y como último ejemplo destacamos el *New Area Wide Model*, expuesto por Christiano et al. (2008), y utilizado por el Banco Central Europeo (ECB).

En cuanto a lo expuesto, los modelos NKM DSGE y su estimación, es ciertamente uno de los campos más interesantes y prometedores en la investigación macroeconómica moderna y que ningún país debe dejar de lado. En Sudamérica, para Argentina, Escude (2009) desarrolla un modelo DSGE que se caracteriza por considerar dos reglas de política monetaria: una para administrar la tasa de interés y otra para reflejar la intervención del Banco Central en el tipo de cambio nominal. Para Brasil, Castro (2011) desarrolla un modelo DSGE, con sector externo, rigideces nominales e inferencia Bayesiana. En el caso de Chile, algunos ejercicios que se han realizado utilizando modelos DSGE, a saber son: Soto y Medina (2007), quien utiliza una versión estimada del Modelo de Análisis y Simulaciones (MAS), un modelo DSGE con rigideces nominales y reales, para describir las fuentes de las fluctuaciones del ciclo económico ante shocks externos.

Sin embargo, no encontramos registros previos de alguna estimación de un modelo NKM DSGE aplicado a Chile cuyo enfoque implica un sistema financiero friccionado y con poder monopólico.

⁷ Para una mayor amplitud, véase Smets y Wouters (2003), Fernández-Villaverde y Rubio-Ramírez (2004), Del Negro et al. (2005), Juillard et al. (2006) y Adolfson, Lindé y Villani (2007).

Por consiguiente, consideramos que se trata de una tarea no sólo legítima sino necesaria, por su contribución, la cual ha llevado al desarrollo del presente estudio.

3 Construcción y solución de los modelos DSGE

En la siguiente sección tenemos como objetivo describir como se estructuran los modelos DSGE, desde su elección, determinación de ecuaciones y métodos para lograr la solución, y así luego poder continuar con la presentación de nuestro modelo.

Asumiendo que su construcción se lleva adelante mediante una receta, podemos decir que un modelo DSGE se inicia con la especificación de las características de la economía que se desea modelar, considerando su entorno, los agentes, sus preferencias, tecnologías y restricciones, como a su vez un conjunto de perturbaciones estructurales a las cuales la economía pueda estar sujeta. Luego se obtienen las soluciones a los problemas de optimización intertemporal de los agentes, lo cual se refleja en un conjunto de condiciones de primer orden que definen sus conductas óptimas de decisión. Luego, las ecuaciones obtenidas a partir de este proceso se someten a los procedimientos de agregación para obtener un conjunto de ecuaciones que describen el comportamiento de los agentes económicos en su conjunto, es decir, a nivel macroeconómico. Además, se especifica una serie de condiciones de equilibrio del mercado para asegurar que todos ellos dentro de la economía se encuentren equilibrados periódicamente.

Combinando las ecuaciones que reflejan decisiones en el comportamiento de los agentes, reglas de política económica y restricciones a nivel agregado junto con las condiciones de equilibrio del mercado y los shocks, se obtiene un sistema de ecuaciones que expresa las variables endógenas del modelo en cada periodo en función del valor pasado, presente y futuro esperado de parámetros que cuantifican las relaciones entre las variables, como también de los shocks exógenos estructurales que afectan a la economía en cada período. Estas ecuaciones, que caracterizan nuestro modelo DSGE, son el punto de partida de un conjunto de operaciones que finalmente permiten lograr el cálculo de una solución única y estable del modelo. A continuación, proporcionamos una descripción de los principales pasos necesarios para lograr esto.

El primero de ellos es la presentación de todas las variables incorporadas en su estado estacionario. Este debe encontrarse bien definido de forma tal que todas ellas regresen a su origen después de que la economía sea golpeada por uno o más shocks temporales.

Para ello, y en cuanto al tratamiento de los datos, aplicamos lo recomendado por DeJong (2011) y Pfeifer (2014). En primer lugar se desestacionalizaron las series utilizando el algoritmo Census X 12 de Eviews 8. En segundo lugar se les aplicó el filtro de Hodrick Prescott con $\lambda = 1.600$. Luego se calculó el desvío porcentual entre la variable y su tendencia: $\hat{y}_t = (y_t - trend_{y_t}) / y_t$, para el caso de las variables reales. Incorporamos a su vez inflación en el estado estacionario.

Una vez obtenido el set de ecuaciones que definen el estado estacionario, estas pueden ser expresadas genéricamente en la siguiente expresión matricial:

$$E_t\{f(y_{t+1}, y_t, y_{t-1}, e_{t+1}, e_t)\} = 1 \quad (1)$$

Aquí, y_t es el vector que contiene las variables endógenas del modelo en su estado estacionario, 1 es un vector de 1's y e_t es un vector que incorpora los shocks estructurales y exógenos del modelo, los cuales son asumidos como procesos ruido blanco satisfaciendo las siguientes propiedades:

$$E(e_t) = 0; \quad E(e_t e_t') = \Sigma_e; \quad E(e_t e_s') = 0, t \neq s; \quad e_t \sim N(0, \Sigma_e)$$

Lo que buscamos es obtener la solución de modelo, es decir, el sendero óptimo sobre el cual se mueven las variables endógenas cada periodo, siendo consistente con nuestros supuestos y estructuras. Para ello, debemos definir cada variable endógena en función de toda la información disponible. Esto puede ser formalizado mediante la categorización de las variables endógenas como variables de estado o predeterminadas (state), y no predeterminadas (forward – looking). Las primeras son variables que en el momento t han sido determinadas, es decir, totalmente conocidos al final del periodo $t + 1$, mientras que la segunda categoría son las variables que sólo se conocen en el periodo $t + 1$. Ahora bien, lo que queremos es expresar las variables endógenas en el momento t hacia el futuro como una función del conjunto de información disponible y compuesta por variables endógenas predeterminadas y los shocks que se producen en ese periodo. Formalmente, deseamos obtener una función $g(\cdot)$, llamada *policy function*, de tal manera que:

$$y_t = g(y_{t-1}, e_t) \quad (2)$$

De esta forma, podemos reescribir como:

$$y_{t+1} = g(y_t, e_{t+1}) = g(g(y_{t-1}, e_t), e_{t+1}) \quad (3)$$

Y sustituyendo (2) y (3) en (1) podemos obtener:

$$E_t\{f(g(g(y_{t-1}, e_t), e_{t+1}), g(y_{t-1}, e_t), y_{t-1}, e_{t+1}, e_t)\} = 1 \quad (4)$$

Lo ideal sería poder obtener la solución de nuestro modelo directamente mediante la manipulación de este sistema de ecuaciones. El problema es que por lo general presentan un alto grado de no linealidad, lo que hace que la tarea de encontrar la expresión exacta para $g(\cdot)$ sea muy difícil. En general, esto no es alcanzable y los investigadores suelen tratar de obtener aproximaciones mediante métodos numéricos. En nuestros próximos pasos, nos centraremos en una estrategia comúnmente utilizada y que corresponde a la aplicada por Dynare⁸.

Comenzamos definiendo el estado estacionario como aquel estado en el cual no existen shocks, y las variables no dependen del tiempo – no las identificamos con el sub índice t - asumiéndolas así

⁸ El modelo fue programado en Matlab mediante el aplicativo Dynare 4.4.34.

constantes en cada periodo en cuanto a la verificación de (1) y (2). Definiendo \bar{y} como el estado estacionario de y_t , ahora podemos representar la situación previa de la siguiente forma:

$$f(\bar{y}, \bar{y}, \bar{y}, 0, 0) \quad (5)$$

$$\bar{y} = g(\bar{y}, 0) \quad (6)$$

Luego de haber calculado este estado de equilibrio, cada ecuación de (1) es aproximada por el valor esperado de la expansión de Taylor de primer orden de su logaritmo alrededor del estado estacionario. Como resultado, un nuevo conjunto de ecuaciones se obtiene definiendo un modelo linealmente aproximado cuyas variables endógenas corresponden a las desviaciones porcentuales de las variables originales desde su estado de equilibrio. Utilizando estas ecuaciones, (1) y (2) pueden ser aproximadas de la siguiente manera:

$$E_t \{ f_{y_{t+1}} \hat{y}_{t+1} + f_{y_t} \hat{y}_t + f_{y_{t-1}} \hat{y}_{t-1} + f_{e_{t+1}} e_{t+1} + f_e e_t \} = 0 \quad (7)$$

$$\hat{y}_t = g_{y_{-1}} \hat{y}_{t-1} + g_e e_t \quad (8)$$

Aquí, $f_{y_{t+1}}$, f_{y_t} e $f_{y_{t-1}}$ son las matrices de derivadas de $f(\cdot)$ con respecto a y_{t+1} , y_t e y_{t-1} respectivamente, y evaluadas en el estado estacionario. Por su lado, $f_{e_{t+1}}$ y f_e son las matrices de derivadas de $f(\cdot)$ con respecto a e_{t+1} y e_t , respectivamente, evaluadas en el estado estacionario; $g_{y_{-1}}$ es la derivada de $g(\cdot)$ respecto de y_{t-1} en el estado estacionario y por último g_e es la derivada de $g(\cdot)$ respecto de e_t evaluada en el estado estacionario. A su vez, \hat{y}_{t+1} , \hat{y}_t y \hat{y}_{t-1} son los vectores que contienen los desvíos porcentuales de las variables endógenas en relación a su estado estacionario en los momentos $t + 1$, t y $t - 1$.

La ecuación (7) constituye la forma general de la aproximación log- lineal del modelo y la ecuación (8) expresa las correspondientes variables endógenas *forward-looking* como una función de las variables de estado endógenas y los shocks, que es el análogo de (2) para la aproximación log- lineal del modelo. Esta se caracteriza como una *policy function* lineal y aproximada que depende de las matrices $g_{y_{-1}}$ y g_e , que son a su vez una función de los parámetros estructurales del modelo, pero cuya composición exacta es aún desconocida. Estas últimas se denominan matrices *feedback* y *feedforward*, respectivamente. La primera caracteriza el impacto de las variables de estado endógenas sobre las variables endógenas futuras, mientras que la segunda caracteriza el impacto de los shocks en las variables endógenas futuras.

Una vez que hemos obtenido el comportamiento de las variables endógenas dentro del modelo de aproximación log- lineal, podemos encontrar sus valores originales multiplicando sus desviaciones respecto al estado estacionario por el correspondiente valor que presentan en el estado estacionario, adicionando a su vez este último al valor obtenido, lo que representamos de la siguiente forma:

$$y_t^i = \bar{y}^i + \bar{y}^i \hat{y}_t^i \quad (9)$$

Por lo tanto, y en tanto y en cuanto podamos resolver la aproximación lineal del modelo, es decir, obtener las g_{y-1} y g_e que caracterizan su *policy function* dada en (8), podremos obtener una solución aproximada para el modelo original mediante el uso de (9) y el estado estacionario calculado previamente. A su vez, somos capaces de encontrar g_{y-1} y g_e mediante la aplicación de alguna de las técnicas ya bien conocidas para la solución de modelos lineales con expectativas racionales (LRE).

Para obtener g_{y-1} y g_e se requiere de una serie de complejos procedimientos algebraicos que describimos a continuación, y que para un mayor entendimiento y detalle pueden consultarse en Klein (2000) o Sims (2002).

Comenzamos utilizando (8) para definir:

$$\hat{y}_t = g_{y-1}\hat{y}_{t-1} + g_e e_t = g_{y-1}(g_{y-1}\hat{y}_{t-1} + g_e e_t) + g_e e_{t+1} = g_{y-1}g_{y-1}\hat{y}_{t-1} + g_{y-1}g_e e_t + g_e e_{t+1} \quad (10)$$

Utilizando (8) y (10) podemos reescribir (7) como:

$$E_t\{f_{y_{t+1}}(g_{y-1}g_{y-1}\hat{y}_{t-1} + g_{y-1}g_e e_t + g_e e_{t+1}) + f_y(g_{y-1}\hat{y}_{t-1} + g_e e_t) + f_{y_{t-1}}\hat{y}_{t-1} + f_{e+1}e_{t+1} + f_e e_t\} = 0 \Leftrightarrow (f_{y+1}g_{y-1}g_{y-1} + f_y g_{y-1} + f_{y-1})\hat{y}_{t-1} + (f_{y+1}g_{y-1}g_e + f_y g_e + f_e)e_t = 0 \quad (11)$$

Esta ecuación se tiene que cumplir para cada \hat{y}_{t-1} y e_t , por lo cual las expresiones dentro de los paréntesis deben anularse. Ahora las matrices g_{y-1} y g_e que buscamos deben satisfacer que:

$$f_{y+1}g_{y-1}g_{y-1} + f_y g_{y-1} + f_{y-1} = 0 \quad (12)$$

$$f_{y+1}g_{y-1}g_e + f_y g_e + f_e = 0 \quad (13)$$

Reorganizando la ecuación (11) tenemos:

$$f_{y+1}g_{y-1}\hat{y}_t + (f_y g_{y-1} + f_{y-1})\hat{y}_{t-1} + (f_y g_e + f_e)e_t = 0 \quad (14)$$

Ahora podemos expresar una aproximación lineal del modelo, caracterizado por (8) y (14) mediante la siguiente representación matricial:

$$Ax_{t+1} + Bx_t + Ce_t \quad (15)$$

Donde,

$$A = \begin{bmatrix} 0 & f_{y+1} \\ I & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -f_{y-1} & -f_y \\ 0 & I \end{bmatrix}, \quad x_t = \begin{bmatrix} \hat{y}_{t-1} \\ g_{y-1}\hat{y}_{t-1} \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} -(f_y g_e + f_e) \\ g_e \end{bmatrix}$$

Aquí, y como se indicó, hemos obtenido una representación de nuestro modelo linealmente aproximado y expresado como un sistema de ecuaciones en diferencia de primer orden, definido para la variable endógena x_t y caracterizado por las matrices A, B y C que contienen los

parámetros expresados en forma reducida, que son funciones de los parámetros del modelo original. De las múltiples soluciones que presenta este modelo, nos interesa encontrar una única y estable, dado que luego de la introducción de un shock estocástico, queremos que las variables regresen a su estado estacionario mediante una única e identificada trayectoria. Siguiendo Blanchard y Kahn (1980) esto ocurre si la cantidad de autovalores en modulo mayor a 1 que presenta este sistema – denominados explosivos- es igual al número de variables no predeterminadas incluidas dentro del modelo.

Para encontrar los autovalores del sistema, aplicamos la descomposición de Schur a las matrices A y B, lo que produce:

$$A = QTZ$$

$$B = QSZ$$

Donde T y S son matrices triangular superiores en tanto que Q y Z son matrices unitarias.

Ahora podemos computar los autovalores generalizados de (A, B) que resuelven el problema generalizado de autovalores $\lambda Ax_t = Bx_t$, donde λ es el vector de autovalores generalizados. El *i*-ésimo autovalor generalizado λ_i es computado como el ratio del elemento de la diagonal de S sobre el correspondiente de T: $\lambda_i = \frac{S_{ii}}{T_{ii}}$. Una vez realizado esto, podemos identificar la condición de Blanchard y Kahn (1980) en forma sencilla. Y en el caso que se satisfaga, podemos proceder con la identificación de la solución del modelo.

Reordenando las matrices (Q, T, Z, S) de forma que los pares (S_{ii}, T_{ii}) sean organizados de forma tal que λ_i sea creciente en i, lo cual nos permite separar la parte inestable del sistema, ahora podemos re expresar nuestro sistema como:

$$\begin{aligned} QTZx_{t+1} = QSZx_t + Ce_t &\leftrightarrow Q^{-1}QTZx_{t+1} = Q^{-1}QSZx_t + Q^{-1}Ce_t \leftrightarrow TZx_{t+1} = SZx_t + w_t \\ &\leftrightarrow \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ 0 & T_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} x_{t+1} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ 0 & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} x_t + \begin{bmatrix} w_{1,t} \\ w_{2,t} \end{bmatrix} \\ &\leftrightarrow \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ 0 & T_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{1,t+1} \\ z_{2,t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ 0 & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{1,t} \\ z_{2,t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z_{1,t+1} \\ z_{2,t+1} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Aquí, T_{22} y s_{22} son las matrices cuya diagonal produce los $\lambda_i > 1$, es decir, la parte inestable del sistema.

De esta forma, utilizando el bloque inferior del sistema, podemos reescribir un sub sistema que contenga todos los autovalores explosivos:

$$T_{22}z_{2,t+1} = S_{22}z_{2,t} + w_{2,t} \tag{16}$$

Lo cual, resolviendo para $z_{2,t}$ arroja:

$$z_{2,t} = Pz_{2,t+1} - S_{22}^{-1}w_{2,t} \quad (17)$$

Tal que $P = S_{22}^{-1}T_{22}$. Realizando sustitución recursiva para $z_{2,t+1}, z_{2,t+2}, \dots$, obtenemos:

$$z_{2,t} = P^i z_{2,t+i} - \sum_{i=0}^{\infty} P^i S_{22}^{-1} w_{2,t+i} \quad (18)$$

Ahora cabe destacar que $P^{-1} = T_{22}^{-1}S_{22}$ es la matriz diagonal que contiene los autovalores explosivos y por lo tanto su inversa, P , es una matriz diagonal que contiene la inversa de los autovalores.

De esta forma, P^t converge a cero cuando t tiende a infinito, implicando:

$$P^i z_{2,t+i} = 0 \quad (19)$$

Por lo cual, $z_{2,t}$ puede ser escrito como:

$$z_{2,t} = - \sum_{i=0}^{\infty} P^{i-1} S_{22}^{-1} w_{2,t+i}$$

Esto significa que $z_{2,t}$ puede ser expresado de forma independiente como una función de shocks futuros cuyo valor esperado en el momento t es cero, implicando:

$$z_{2,t} = 0 \leftrightarrow [Z_{21} \quad Z_{22}]x_t = 0 \leftrightarrow [Z_{21} \quad Z_{22}] \begin{bmatrix} \hat{y}_t \\ g_{y-1}\hat{y}_t \end{bmatrix} \leftrightarrow Z_{21}\hat{y}_t + Z_{22}g_{y-1}\hat{y}_t = (Z_{21} + Z_{22}g_{y-1})\hat{y}_t = 0$$

Dado que tiene que ser válido para todo \hat{y}_t ,

$$(Z_{21} + Z_{22}g_{y-1}) = 0 \quad (21)$$

Luego, siendo invertible Z_{22} ,

$$g_{y-1} = -Z_{22}^{-1}Z_{21} \quad (22)$$

Por lo cual, si la condición de Blanchard – Kahn como a su vez la de rango sobre Z_{22} se cumplen, podemos encontrar la matriz g_{y-1} de (22), lo cual produce una única y estable solución para el modelo.

Una vez recuperado g_{y-1} , de (13) resulta sencillo recuperar g_e ,

$$g_e = -(f_{y+1}g_{y-1}g_e + f_y)^{-1}f_e \quad (23)$$

Ahora podemos encontrar la solución a nuestro modelo reemplazando las expresiones encontradas para g_e y g_{y-1} en (8),

$$\hat{y}_t = g_{y-1}\hat{y}_{t-1} + g_e e_t \quad (24)$$

Esta última ecuación representa en forma reducida un modelo DSGE, que si bien presenta la misma forma funcional de un modelo VAR, se diferencia en el hecho de que incorpora restricciones en los coeficientes de las matrices g_e y g_{y-1} , los cuales se relacionan directamente con la estructura del modelo.

Luego de haber encontrado la forma matricial de g_e y g_{y-1} simplemente tenemos que definir algunas condiciones iniciales para las variables endógenas, \widehat{y}_0 , y obtener los valores de los parámetros del modelo, y así poder utilizar el modelo para todo tipo de experimentos computacionales. Por razones que se aclararán posteriormente, imponemos el supuesto de que las condiciones iniciales se han extraído de una distribución normal.

Nuestro enfoque para encontrar las estimaciones de parámetros se basa en el método bayesiano estimado por máxima Verosimilitud (MLE). Por lo tanto, a lo largo las siguientes subsecciones nuestro foco se centrará en su explicación metodológica en cuanto a los procedimientos asociados a ella, y los análisis de resultados correspondientes. Pero previamente, procedemos con la introducción del modelo NKM DSGE aplicado en este trabajo a la economía Chilena.

4 Modelo

Tal como fue indicado en la introducción, el presente trabajo se lleva a cabo sobre la misma estructura propuesta por Gerali et. Al (2010) para la Unión Europea⁹, y a continuación procedemos a generar una descripción e interpretación sobre el modelo aplicado.

En la economía vamos a asumir que existen dos tipos de familias diferenciadas en base a su grado de paciencia, y las empresas. Las primeras consumen, trabajan y acumulan stock de viviendas, en tanto que las empresas producen un bien intermedio homogéneo utilizando capital – adquirido de los productores de capital – y demandan trabajo ofrecido por los individuos mediante sindicatos.

El rol de los bancos es el siguiente: operan en un régimen de competencia monopolística fijando las diferentes tasas para las empresas y los individuos con un ajuste -sobre la tasa interbancaria- que es variable en el tiempo y depende del costo marginal de producción de préstamos y el costo del capital. La demanda de préstamos está limitada por el valor de garantía de las viviendas para los hogares impacientes y de capital para los empresarios. La financiación de los bancos se origina ya sea mediante el mercado interbancario a una tasa establecida por la autoridad monetaria, recogiendo depósitos de los hogares pacientes - a una tasa establecida por los propios bancos -, o reinvertiendo ganancias de capital propio.

Los trabajadores representan la oferta laboral mediante sindicatos, los cuales determinan los salarios en orden de maximizar la utilidad de sus miembros sujeto a costos de ajuste de tipo inflacionarios o friccionales. El mecanismo planteado consta en vender las horas de trabajo

⁹ Consecuentemente con lo expuesto, se sugiere al lector consultar el desarrollo teórico en el trabajo mencionado.

vinculadas a una amplia gama de servicios a un mercado competitivo representado como agencias de trabajo -que funciona como empacador de trabajo- y que luego las ofrece a favor de las empresas como producto unificado.

Encontramos a su vez dos sectores productivos adicionales: *retailers* vinculados a un mercado con competencia monopolística, y un sector productor de capital en competencia perfecta.

4.1 Familias y Empresas

Recordamos nuevamente que existen dos tipos de familias diferenciadas por su grado de paciencia caracterizada por el factor de descuento β_P (pacientes) y β_I (impacientes), y a su vez las empresas β_E . Estos factores presentan un ordenamiento descendente en cuanto a su grado paciencia.

4.1.1 Familias pacientes

Este grupo de familias maximiza la siguiente función de utilidad esperada:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta_P^t \varepsilon_t^Z \left[\log(c_t^P(i) - a^P c_{t-1}^P) + \varepsilon_t^h \log h_t^P(i) - \frac{l_t^P(i)^{1+\phi}}{1+\phi} \right]$$

La misma depende del consumo corriente $c_t^P(i)$ y el del periodo previo ajustados por el grado de formación de consumo a^P , servicios inmobiliarios $h_t^P(i)$ y horas trabajadas $l_t^P(i)$, e incorpora dos shocks ε_t^Z y ε_t^h correspondientes a las preferencias y formación de vivienda¹⁰, respectivamente.

Esta decisión queda sujeta a una restricción presupuestaria, de forma tal que en términos reales el flujo de gastos compuesto por consumo, acumulación de vivienda y depósitos corrientes no exceda los ingresos salariales, intereses acumulados por ahorro en el periodo previo y transferencias recibidas en suma fija. Esta última incluye la membresía al sindicato, participaciones distribuidas por las empresas *retailers* J_t^R y dividendos provenientes del sector bancario $(1 - \omega^b) \frac{J_{t-1}^B}{\pi_t}$.

$$c_t^P(i) + q_t^h \Delta h_t^P(i) + d_t^P(i) \leq W_t^P l_t^P(i) + \frac{(1+r_{t-1}^d)}{\pi_t} d_{t-1}^P(i) + T_t^P \quad (25)$$

4.1.2 Familias impacientes

Análogamente, las familias impaciente - β_I más pequeño- realizan una maximización similar, diferenciándose en que no son dueños de empresas *retailers* ni generan depósitos.

¹⁰ Siguen un proceso AR (1) con errores distribuidos idénticamente normal e independiente.

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta_t^l \varepsilon_t^z \left[\log(c_t^l(i) - a^l c_{t-1}^l) + \varepsilon_t^h \log h_t^l(i) - \frac{l_t^l(i)^{1+\phi}}{1+\phi} \right]$$

Su restricción en términos reales implica que el flujo de gastos compuesto por consumo, acumulación de vivienda y pagos de intereses de préstamos tomados en el periodo previo no exceda los ingresos salariales, nuevos préstamos y transferencias de suma fija – compuesto únicamente la membresía al sindicato-.

$$c_t^P(i) + q_t^h \Delta h_t^P(i) + \frac{(1+r_{t-1}^{bH})}{\pi_t} b_{t-1}^I \leq W_t^I l_t^I(i) + b_t^I(i) + T_t^I \quad (26)$$

Este grupo de individuos enfrenta a su vez a una nueva restricción a la hora de endeudarse cuya exigencia implica que el valor de las viviendas utilizadas como colaterales sea suficiente como para garantizar a los bancos prestadores un cierto valor ante la ocurrencia de *default*:

$$(1 + r_t^{bH}) b_t^I(i) \leq m_t^I [q_{t+1}^h h_t^I(i) \pi_{t+1}] \quad (27)$$

En ella incluimos y definimos m_t^I como un proceso estocástico de la forma $m_t^I = (1 - \rho_{mI}) \bar{m}^I + \rho_{mI} m_{t-1}^I + n_t^{mI11}$ que representa el *LTV value*¹² para hipotecas. Un supuesto que se realiza en este trabajo, y al igual que en Iacovello (2005), es que en ausencia de incertidumbre esta restricción presupuestaria y el shock al cual es susceptible no se transmite al otro grupo de individuos – familias pacientes-. A su vez, incorporar esta restricción resulta determinante para estudiar los efectos de las fricciones sobre la oferta de crédito en el ciclo real de la economía, hecho que origina la crisis financiera de 2008, por ejemplo.

4.1.3 Empresas

En esta economía encontramos infinidad de empresarios, quienes se preocupan por su propio consumo $c_t^E(i)$ y maximizan la siguiente función de utilidad:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta_t^E [\log(c_t^E(i) - a^E c_{t-1}^E)]$$

Aquí a^E , al igual que en los casos previos, representa la formación de los hábitos de consumo y β_t^E es asumido con un valor inferior al correspondiente de los individuos pacientes e impacientes, resultando así deudores netos.

¹¹ n_t^{mI11} sigue un proceso normal, independiente e idénticamente distribuido con \bar{m}^I calibrado para estado estacionario.

¹² $(1 - m_t^I)$ representa el costo proporcional de reposición para el banco considerando un default por parte de los individuos. Ejemplo: si $m_t^I = 0.4$, entonces la reposición para el banco es del 60% reconocido el default.

La función de producción corresponde a una Cobb-Douglas utilizada por Iacovello y Neri (2008) e incluye un stock físico de capital k_t^E , capacidad de utilización $u(i)$ y horas de trabajo l_t^E . A su vez, incluye un shock exógeno a_t^E ¹³ sobre la productividad – *shock tecnológico*–.

$$y_t^E(i) = a_t^E [k_{t-1}^E(i)u(i)]^\alpha l_t^{1-\alpha} \quad (28)$$

El producto es vendido en un mercado competitivo a precio P_t^W y tienen acceso a contrato de préstamos $b_t^E(i)$. La restricción presupuestaria a la cual se enfrentan incluye gasto en mano de obra, el costo de capital expresado en términos de consumo, el costo de establecer un nivel de utilización¹⁴, todo ello expresado en términos reales tal que definimos $x_t = \frac{P_t}{P_t^W}$.

$$c_t^E(i) + W_t l_t^E(i) + \frac{(1+r_{t-1}^{bE})}{\pi_t} b_{t-1}^E + q_t^k k_t^E(i) + \varphi(k_{t-1}^E(i)u(i)) = \frac{y_t^E(i)}{x_t} + b_t^E(i) + q_t^k (1 - d)k_{t-1}^E(i) \quad (29)$$

Al igual que para los individuos impacientes, las empresas se enfrentan a una adicional restricción a la hora de endeudarse sujeta al valor de su colateral, que en este caso es el capital físico de su propiedad, y cuya acumulación queda sujeta al valor.

$$(1 + r_t^{bE})b_t^E(i) \leq m_t^E E_t [q_{t+1}^k (1 - d)k_t^E(i)\pi_{t+1}] \quad (30)$$

Definimos m_t^E como el *LTV value* para empresas con análoga distribución, significado e impacto en su efecto amplificador en los shocks de política monetaria al correspondiente para individuos impacientes. Destacamos que tanto para familias como empresas, se presentan en el apéndice D las condiciones de primer orden.

¹³ Proceso AR (1) con errores distribuidos normal, independiente e idénticamente.

¹⁴ $\varphi(u_t) = \epsilon_1 (u_t - 1) + \frac{\epsilon_2}{2} (u_t - 1)^2$ al igual que Schmitt -Grohe and Uribe (2005).

4.1.4 Demanda de préstamos y depósitos

Siguiendo el marco de referencia llevado a cabo por Dixit-Stiglitz en mercados bienes, Gerali et. Al. (2010) aplica al mercado financiero el supuesto de que los individuos deben demandar contratos de depósito (préstamo) de cada banco individual j en orden de ahorrar (endeudar) una unidad de recurso, lo cual nos permite capturar la existencia de poder de mercado en la industria. A su vez suponemos que cada unidad de depósito y préstamos contratada por las familias y empresas a una determinada sucursal bancaria es parte de una canasta de productos diferenciados con elasticidades de sustitución ε_t^d , ε_t^{bH} y ε_t^{bE} , respectivamente. Estas últimas tres son definidas como procesos estocásticos y nos permite conocer el mecanismo de transmisión que ejerce el sector financiero dado el efecto sobre los ajustes en las tasas activas y pasivas que surgen en forma independiente a la de política monetaria, y por lo tanto el spread bancario, estudiando consecuentemente su efecto sobre la economía real.

Maximizando (minimizando) beneficios (rebolsos) y sujeto a condiciones tecnológicas y disponibilidad, presentamos a continuación las funciones de demanda de depósitos y préstamos.

Refiriéndonos nuevamente al marco de referencia llevado a cabo por Dixit-Stiglitz, la demanda de un préstamo o depósito depende de la tasa de interés de un determinado banco j relativa al promedio vigente en la economía. Considerando una familia impaciente, que busca tomar un préstamo $b_t^H(i)$, parte de minimizar la trayectoria del total a pagar $\min_{\{b_t^H(i,j)\}} \int_0^1 r_t^{bH}(j) b_t^l(i, j) dj$

sujeto a $\left[\int_0^1 b_t^H(i, j) \frac{\varepsilon_t^{bH}-1}{\varepsilon_t^{bH}} dj \right]^{\frac{\varepsilon_t^{bH}}{\varepsilon_t^{bH}-1}} \geq b_t^l(i)$, tal que $b_t^l(i) = \gamma^l b_t^l(i)$ indica la demanda agregada

por préstamos en términos reales, y γ^s , $s \in (P, I; E)$ representa la unidad de medición de cada subconjunto de agente. En tanto que para el caso de las empresas el proceso es análogo, a la hora de generar un depósito por parte de la familia paciente proceso consta en maximizar $\max_{\{d_t^P(i, j)\}}$

$\int_0^1 r_t^d(j) d_t^P(i, j) dj$ sujeto a la tecnología agregada $\left[\int_0^1 d_t^P(i, j) \frac{\varepsilon_t^d-1}{\varepsilon_t^d} dj \right]^{\frac{\varepsilon_t^d}{\varepsilon_t^d-1}} \geq d_t^P(i)$.

Ahora bien, generando una agregación de las condiciones de primer orden, obtenemos las funciones de demanda:

$$b_t^H(j) = \left(\frac{r_t^{bH}(j)}{r_t^{bH}} \right)^{-\varepsilon_t^{bH}} b_t^l \quad (31) \quad , \quad d_t^P(j) = \left(\frac{r_t^d(j)}{r_t^d} \right)^{-\varepsilon_t^d} d_t \quad (32) \quad , \quad b_t^E(j) = \left(\frac{r_t^E(j)}{r_t^E} \right)^{-\varepsilon_t^{bE}} b_t^E \quad (33)$$

Y sus respectivas tasas de interés:

$$r_t^{bH}(j) = \left[\int_0^1 (r_t^{bH}(j))^{1-\varepsilon_t^{bH}} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_t^{bH}}}, \quad (34) \quad r_t^d(j) = \left[\int_0^1 (r_t^{bH}(j))^{1-d} \right]^{\frac{1}{1-d}} \quad (35)$$

4.1.5 Mercado Laboral

Tal como se describe en Gerali et. Al (2010) se asume que existe “n” tipos de servicios de trabajo prestados y cada uno de ellos es representado por dos tipos de sindicatos diferenciados según corresponde a los grupos de individuos pacientes e impacientes, previamente definidos. Cada sindicato determina el salario maximizando un promedio ponderado de las utilidades de sus integrantes sujeto a una elasticidad de sustitución constante ε_t^l ¹⁵, y un ajuste cuadrático en costos (ponderado por κ_w) los cuales son cubiertos mediante el cobro de una suma fija a cada uno de sus miembros. Existe a su vez una indexación ajustada por ι_w a un promedio ponderado de inflación previa y de estado estacionario.

Asumimos que en equilibrio la decisión de oferta laboral de cada familia depende de un ajuste por expectativas mediante una curva de Phillips, y por el lado de la demanda asumimos que existen agencias laborales que compran estas horas diferenciadas a los sindicatos, luego las transforman en un producto homogéneo y luego las venden a las empresas productoras de bienes intermedios como insumo en mercado competitivo, resultando la siguiente demanda por trabajo para cada familia:

$$l_t(n) = \left(\frac{W_t(n)}{W_t} \right)^{-\varepsilon_t^l} l_t \quad (36)$$

Aquí, W_t es el salario agregado de la economía, y destacamos que la elasticidad de demanda de trabajo implica un proceso de ajuste η_t^l , que se distribuye de forma normal con media cero y desvío estándar σ^l .

4.2 Bancos

Los bancos ocupan un rol central en nuestro modelo dado que bajo competencia monopolística, y mediante los instrumentos monetarios de depósitos y préstamos, son los únicos intermediarios entre los agentes. Como fue mencionado previamente, este tipo de mercado facilita la adopción de ajustes sobre las respectivas tasas de interés activas y pasivas antes shocks o ciclos reales de la economía, permitiéndonos asumir su efecto amplificador.

Estos intermediarios financieros enfrentan la siguiente identidad contable $B_t = D_t + K_t^B$, de forma que los préstamos otorgados deben ser financiados mediante depósitos que captura o su propio capital. A estos últimos los consideramos como sustitutos imperfectos con una relación no lineal, y que basados en una exógena relación de apalancamiento (*capital – to assest*), como a su vez restricciones de tipo Basilea II, optimiza sus recursos en la correspondiente determinación de fondeo de préstamos. En cuanto a lo expuesto, podemos identificar el origen de un *ciclo del crédito* que ubica a los bancos con un grado de influencia amplificadora del *ciclo real de la*

¹⁵ Proceso AR (1) con errores normales independientes e idénticamente distribuidos.

economía, ya que su capacidad de financiamiento depende de ingresos que obtiene, los cuales dependen de la etapa de expansión/retracción, generándose así un componente pro cíclico.

En orden de una mejor caracterización, asumimos cada banco del sector financiero está compuesto por dos unidades *retail* -o minorista -y una *wholesale* -mayorista o central-. Las dos primeras capturan depósitos y otorgan préstamos de forma independiente, la segunda controla la exposición al riesgo de crédito e interviene el mercado interbancario. En ambas situaciones existe poder monopólico en la determinación de tasas.

4.2.1 Banco mayorista - *Wholesale*-.

Estos presentan su patrimonio reflejado en el capital K_t^b , depósitos en sus pasivos y prestamos en los activos. Los costos que enfrentan se vinculan con el grado de apalancamiento – *relación capital/activo*= K_t^B/B_t , en la medida que se aleja del parámetro exógeno $v^b = 0.09^{16}$. Aquí existe un *trade off* dado que a la hora de generar capital tienen incentivos a un alto grado de apalancamiento, lo cual genera simultáneamente un costo cuadrático al alejarse dicho umbral.

El capital es acumulado periódicamente -neto de ingresos retenidos- de la siguiente forma:

$$K_t^{b,n}(j) = (1 - d^b)K_{t-1}^{b,n}(j) + w^b J_{t-1}^{b,n}(j) \quad (37)$$

Donde $K_t^{b,n}(j)$ es el capital de un Banco j , $J_t^{b,n}(j)$ son los ingresos generados por las tres líneas bancarias, $(1-w^b)$ la política de distribución de dividendos y δ^b la utilización de recursos en su conducción.

Ahora bien, la decisión a la que se enfrentan los bancos en su unidad mayorista es maximizar beneficios mediante la selección óptima del stock de préstamos y depósitos, utilizando como factor de descuento el correspondiente a las familias pacientes $\Lambda_{0,t}^t$, dado que son propiedad de ellas:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \Lambda_{0,t}^t \left[(1 + R_t^b)B_t(j) - (1 + R_t^d)D_t(j) - K_t^b(j) - \frac{\kappa_{kb}}{2} \left(\frac{K_t^B(j)}{B_t(j)} v^b \right)^2 K_t^b(j) \right]$$

$$\text{Sujeto a } B_t(j) = D_t(j) + K_t^B(j)$$

La condición de primer orden resultante arroja una relación entre el *spread* de tasas activa R_t^b y pasiva R_t^d con el grado de apalancamiento, y asumiendo que los bancos pueden invertir sus excesos en depósitos en el Banco Central (o bono libre de riesgo) a una tasa $R_t^d = r_t$, se resume la determinación óptima de préstamos sujeto a un stock de capital.

¹⁶ Impulsado por Basilea II y utilizado generalmente en la literatura

$$S_t^W = R_t^b - r_t = -\kappa_{kb} \left(\frac{K_t^B}{B_t} \right)^2 \left(\frac{K_t^B}{B_t} - v^b \right) \quad (38)$$

4.2.2 Banco minorista – *retailers*–.

Una vez más se presenta competencia monopolística y la diferenciamos entre líneas que prestan y líneas que captan depósitos en forma independiente.

Bancos de préstamos: obtienen préstamos mayoristas de la banca mayorista a una tasa R_t^b diferenciándolos sin costos marginales y aplicando respectivos ajustes de tasa en su colocación a individuos o empresas, lo cual genera costos cuadráticos parametrizados con κ_{bH} y κ_{EH} respectivamente.

Su proceso de maximización de funda en maximizar beneficios mediante la selección del vector de tasas r_t^{bH} y r_t^{bE} , siendo $\lambda_{0,l}^P$ el factor de descuento de las familias pacientes, de forma que:

$$\max_{r_t^{bH(j)}, r_t^{bE(j)}} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \lambda_{0,l}^P \left[r_t^{bH(j)} b_t^H(j) + r_t^{bE(j)} b_t^E(j) - R_t^b B_t(j) - \frac{\kappa_{kH}}{2} \left(\frac{r_t^{bH(j)}}{r_t^{bH(j)}} - 1 \right)^2 r_t^{bH} b_t^H - \frac{\kappa_{kE}}{2} \left(\frac{r_t^{bE(j)}}{r_t^{bE(j)}} - 1 \right)^2 r_t^{bE} b_t^E \right]$$

Sujeto a

$$b_t^H(j) = \left(\frac{r_t^{bH(j)}}{r_t^{bH}} \right)^{-\varepsilon_t^{bH}} b_t^H, b_t^E(j) = \left(\frac{r_t^{bE(j)}}{r_t^{bE}} \right)^{-\varepsilon_t^{bE}} b_t^E \text{ tal que } b_t^H(j) + b_t^E(j) = B_t(j)$$

Resultando como condición de primer orden,

$$1 - \varepsilon_t^{bs} + \varepsilon_t^{bs} \frac{R_t^b}{r_t^b} - \kappa_{bs} \left(\frac{r_t^{bs}}{r_t^{bs-1}} - 1 \right) \frac{r_t^{bs}}{r_t^{bs-1}} + \beta_p E_t \left\{ \frac{\lambda_{1+t}^P}{\lambda_t^P} \kappa_{bs} \left(\frac{r_{t+1}^{bs}}{r_t^{bs}} - 1 \right) \left(\frac{r_{t+1}^{bs}}{r_t^{bs}} \right)^2 \frac{b_{t+1}^E}{b_t^E} \right\} = 0 \quad (39)$$

Considerando el caso de ε_t^{bs} como proceso no estocástico, la versión log lineal nos permite determinar la tasa activa, y que depende de la trayectoria esperada de la tasa de mercado, como a su vez de en nivel de capitalización y la regla de política monetaria.

$$\hat{r}_t^{bs} = \frac{\kappa_{bs}}{\varepsilon_t^{bs-1} + (1+\beta_p)\kappa_{bs}} \hat{r}_{t-1}^{bs} + \frac{\beta_p \kappa_{bs}}{\varepsilon_t^{bs-1} + (1+\beta_p)\kappa_{bs}} E_t \hat{r}_{t-1}^{bs} + \frac{\varepsilon_t^{bs-1}}{\varepsilon_t^{bs-1} + (1+\beta_p)\kappa_{bs}} \hat{R}_t^b \quad (40)$$

Al caso de tasas perfectamente flexibles definimos $r_t^{bs} = \frac{\varepsilon_t^{bs}}{\varepsilon_t^{bs-1}} R_t^b$ (41), observando el ajuste superior, y determinado su correspondiente *spread* $S_t^{bs} = r_t^{bs} - r_t = \frac{\varepsilon_t^{bs}}{\varepsilon_t^{bs-1}} S_t^W + \frac{1}{\varepsilon_t^{bs-1}} r_t$

A partir de ella podemos interpretar de forma clara el rol de los shocks aleatorios, expresados como procesos estocásticos, cuyo origen repercute directamente al spread, y por lo tanto, capital de los bancos.

Bancos de Depósito: Estos operan de forma análoga a los bancos de préstamos. Capturan depósitos por parte de las familias y generan un nuevo depósito en el banco mayorista, recibiendo a cambio una tasa r_t . Su problema de maximización radica en la selección de una tasa $r_t^d(j)$, a la cual aplica el correspondiente ajuste por poder monopolístico:

$$\max_{r_t^d(j)} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \lambda_{0,t}^P \left[r_t D_t(j) - r_t^d(j) d_t(j) - \frac{\kappa_d}{2} \left(\frac{r_t^d(j)}{r_{t-1}^d(j)} - 1 \right)^2 r_t D_t \right]$$

Sujeto a la demanda por depósitos $d_t^P(j) = \left(\frac{r_t^d(j)}{r_t^d} \right)^{-\varepsilon_t^d}$, tal que κ_d parametriza el costo de ajuste en la tasa de interés, la condición de primero orden resultante es:

$$1 - \varepsilon_t^d - \varepsilon_t^d \frac{r_t}{r_t^d} - \kappa_d \left(\frac{r_t^d}{r_{t-1}^d} - 1 \right) \frac{r_t^d}{r_{t-1}^d} + \beta_p E_t \left\{ \frac{\lambda_{1+t}^P}{\lambda_t^P} \kappa_d \left(\frac{r_{t+1}^d}{r_t^d} - 1 \right) \left(\frac{r_{t+1}^d}{r_t^d} \right)^2 \frac{d_{t+1}}{d_t} \right\} = 0 \quad (42)$$

Considerando el caso donde ε_t^d es un proceso no estocástico, la versión log lineal nos permite determinar la tasa pasiva, que depende de la trayectoria esperada de la tasa de mercado, como a su vez en forma negativa en el grado de ajuste y de forma positiva en el grado de competencia en el mercado.

$$\hat{r}_t^d = \frac{\kappa_d}{\varepsilon_t^d + 1 + (1 + \beta_p)\kappa_d} \hat{r}_{t-1}^d + \frac{\beta_p \kappa_d}{\varepsilon_t^d + 1 + (1 + \beta_p)\kappa_d} E_t \hat{r}_{t-1}^d + \frac{\varepsilon_t^d + 1}{\varepsilon_t^d + 1 + (1 + \beta_p)\kappa_d} \hat{r}_t \quad (43)$$

En el caso de tasas perfectamente flexibles, podemos indicar que $r_t^d = \frac{\varepsilon_t^d}{\varepsilon_t^d - 1} r_t = \frac{|\varepsilon_t^d|}{|\varepsilon_t^d| + 1} r_t$ (44), tal que $\varepsilon_t^d < 0$.

4.3 Retailers

Estos cumplen un rol de intermediación ya que adquieren el bien intermedio por parte de las empresas a un precio P_t^W y lo convierten en bien final sin costo alguno, para luego venderlos en el mercado mayorista aplicando un ajuste en su precio. Su elasticidad de sustitución ε_t^y sigue un proceso autor regresivo AR (1)¹⁷, y asumimos que los precios se ajustan en base a una indexación combinada por la ponderación a una razón θ entre la inflación correspondiente al estado estacionario y la del periodo previo. En el caso que elijan ajustar sus precios por encima de lo que la indexación permite, se enfrentan a su vez un costo de ajuste adicional.

¹⁷ Errores normales, independientes e idénticamente distribuidos.

Esto significa que existe competencia monopolística con ajuste cuadrático en costos - κ_p en ajuste de precio y l_p en base a la indexación-, lo que origina precios friccionados – *sticky prices*-.

La condición de primer orden (no lineal) de estado estacionario arroja que:

$$1 - \varepsilon_t^y - \frac{\varepsilon_t^y}{x_t} - \kappa_p (\pi_t - \pi_{t-1}^\theta \pi^{1-\theta}) \pi_t + \beta_p E_t \left\{ \frac{c_t^P - a^P c_{t-1}^P}{c_{t+1}^P - a^P c_t^P} \kappa_d (\pi_{t+1} - \pi_t^{\theta_P} \pi^{1-\theta}) \left(\frac{r_{t+1}^d}{r_t^d} \right)^2 \pi_{t+1} \frac{y_{t+1}}{y_t} \right\} = 0 \quad (45)$$

Tal que $x_t = \frac{P_t}{P_t^W}$ es el ajuste aplicado por los *retailers*.

4.4 Productores de bienes de capital

La introducción de este sector se fundamenta en la posibilidad de poder determinar un precio para el stock de capital, el cual es considerado como colateral por parte de los bancos a la hora de conceder préstamos a las empresas. Asumimos que cada periodo le compran un monto $i_t(j)$ de bien final a los *retailers*, y el stock de capital no depreciados a los empresarios $(1-d)k_{t-1}$ a un precio nominal P_t^K . El mismo es transformado a nuevo capital considerando un costo de ajuste cuadrático κ_i , y un shock de productividad ε_t^{qk} ¹⁸.

$$k_t(j) = (1-d)k_{t-1}(j) + \left[1 - \frac{\kappa_i}{2} \left(\frac{\varepsilon_t^{qk} i_t(j)}{i_{t-1}(j)} - 1 \right)^2 \right] i_t(j) \quad (46)$$

El nuevo capital es vendido nuevamente a los empresarios a un precio P_t^K , cuyo mercado es perfectamente competitivo, de forma que la maximización origine una ecuación dinámica para el precio real del capital $q_t^k = \frac{P_t^K}{P_t}$, similar a Christiano et al. (2005) and Smets and Wouters (2003).

4.5 Política Monetaria

El rol de un Banco central radica en determinar con exactitud la tasa r_t prevalente en el mercado interbancario, cubriendo todos los excesos de stock de dinero. Asumimos que el señoreaje obtenido es retribuido con transferencias de suma fija a favor de empresas y familias.

A la hora de terminar la política monetaria, se sigue la regla de Taylor descrita a continuación:

$$(1 + r_t) = (1 + r)^{(1-\omega_R)} + (1 + r_{t-1})^{(\omega_R)} \left(\frac{\pi_t}{\pi} \right)^{(1-\omega_R)\omega_\pi} \left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}} \right)^{(1-\omega_R)\omega_Y} \varepsilon_t^R \quad (47)$$

¹⁸ Proceso AR (1) con errores normales, independiente e idénticamente distribuidos.

Donde ω_R y ω_Y son las ponderaciones para la estabilización en precio y producto respectivamente, r la tasa de interés nominal en estado estacionario, y ε_t^R un shock de política monetaria que sigue un proceso AR (1) con errores normales, independiente e idénticamente distribuidos.

4.6 Equilibrio

El equilibrio en el mercado de bienes puede ser resumido en la siguiente ecuación, y pudiendo revisar su desarrollo en el apéndice D, como a su vez un representación esquemática en el apéndice E:

$$Y_t = C_t + q_t^k [K_t - (1 - d)k_{t-1}] + K_t \Psi(u_t) + Adj_t \quad (48)$$

Donde $C_t = c_t^P + c_t^I + c_t^E$ es el consumo agregado, $Y_t = \gamma^E y_t^E(i)$ es el producto agregado y $K_t = \gamma^E k_t^E(i)$ el capital físico agregado. El término Adj_t incluye ajustes ajuste real en costo, salarios e interés. Finalmente el equilibrio en el mercado inmobiliario viene representado como $\bar{h} = \gamma^P h_t^P(i) + \gamma^I h_t^I(i)$, tal que \bar{h} es un stock de capital exógeno y γ^s , $s \in (P, I; E)$ es la unidad de medición de cada subconjunto de agente.

5 Estimación

Este modelo ha sido estimado mediante el método Bayesiano de máxima Verosimilitud. Para ello, inicialmente necesitamos obtener la función de verosimilitud. Esto se corresponde con la función de densidad conjunta de todos los datos de las variables en la muestra, condicionada a la estructura y parámetros de nuestro modelo.

Para obtener dicha función, en primer lugar debemos establecer una relación entre los datos y el modelo. Esto resulta posible teniendo en cuenta que las variables estimadas pueden explicarse en parte por las variables del modelo y en parte por algunos factores que el modelo es incapaz de medir, lo que llamamos errores de medición.

$$y_t^* = F\hat{y}_t + Gu_t \quad (49)$$

Aquí, y_t^* es el vector de variables observadas, F es la matriz que establece una relación entre las variables endógenas del modelo y los datos, u_t es un vector que contiene errores de medición, y G es la matriz que indica el rol que cumple cada error de medición en las variables observadas.

Destacamos a su vez que para los errores se asume que siguen procesos Gaussianos de ruido blanco,

$$E(u_t) = 0; \quad E(u_t u_t') = \Sigma_u; \quad E(u_t u_s') = 0, t \neq s; \quad u_t \sim N(0, \Sigma_u)$$

Si el número de shocks en el modelo es mayor que el número de variables observadas, la inclusión de los errores de medición es opcional. Sin embargo, si este no es el caso, se deben incluir al menos tantos errores de medición como la diferencia entre el número de innovaciones o shocks y variables observadas. Caso contrario, el sistema sufre de un problema de singularidad.

Redefiniendo las matrices $g_{y-1}y$ g_e en (24) por D y E, respectivamente, y combinando esta ecuación por (25), podemos escribir el siguiente sistema:

$$\hat{y}_t = D\hat{y}_{t-1} + Ee_t \quad (50)$$

$$y_t^* = F\hat{y}_t + Gu_t \quad (51)$$

Tal que \hat{y}_0 , e_t y u_t cumplen las propiedades previamente descritas.

En cuanto a ello, destacamos que \hat{y}_t y y_t^* también deben presentar una distribución normal.

Representando a todo los datos de la muestra como y^* , ahora podemos escribir la función de verosimilitud como:

$$\mathcal{L}(y^*/\bar{y}^*, \Sigma_{y^*}) = -\frac{Tn}{2} \log 2\pi - \frac{1}{2} \log |\Sigma_{y^*}| - 1/2 (y^* - \bar{y}^*)' \bar{y}^{*-1} (y^* - \bar{y}^*) \quad (52)$$

Donde n es el numero de variables observadas, T es el número de periodos en la muestra, \bar{y}^* es el valor esperado de y^* y Σ_{y^*} su matriz de varianzas y covarianzas.

Puesto que computar la ecuación previa requiere de una completa muestra de datos, lo cual es un aspecto complicado, una alternativa también conveniente es obtener dicha ecuación mediante el uso de la descomposición del predictor de error, lo cual genera lo siguiente:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(y^*/\theta) = & -\frac{Tn}{2} \log 2\pi \\ & - 1/2 \sum_{t=1}^T \log |\Sigma_{y^*_{t/t-1}}| - 1/2 \sum_{t=1}^T (y^*_t - y^*_{t/t-1})' \Sigma_{y^*_{t/t-1}}^{-1} (y^*_t - y^*_{t/t-1}) \end{aligned} \quad (53)$$

Aquí, $y^*_{t/t-1}$ es un predictor de y^*_t utilizando información hasta $t-1$, $\Sigma_{y^*_{t/t-1}}$ es un predictor de la matriz de varianzas y covarianzas de y^*_t utilizando información hasta $t-1$, y θ es un vector de parámetros de los cuales $y^*_{t/t-1}$ y $\Sigma_{y^*_{t/t-1}}$ dependen. Notemos que, que a diferencia de (52), esta última ecuación puede ser computada recursivamente, ya que solo implica la predicción de un paso hacia delante de y^*_t y $\Sigma_{y^*_{t/t-1}}$, lo cual puede desarrollarse fácilmente mediante el uso del filtro de Kalman¹⁹. Este procedimiento permite expresar la verosimilitud de cada observación periodo a

¹⁹ Para una descripción e interpretación profunda se puede consultar Welch y Bishop (2001) o Canova (2007b).

periodo, y a su vez la expresión de verosimilitud para toda la muestra, y que depende de los parámetros del modelo original.

El siguiente paso es la especificación de las distribuciones a priori – *prior distribution*- para los parámetros que queremos estimar, $p(\theta)$, siendo este el origen del proceso de estimación Bayesiano.

Las especificaciones de la *prior* se inicia con la selección de la forma funcional más adecuada para la distribución, destacando entre las más comunes a la distribución gamma inversa para aquellos parámetros que deben ser positivos; la función beta para aquellos parámetros delimitados entre cero y uno; y distribución normal para los parámetros que no se encuentran acotados.

Podemos enfrentarnos a la situación en la cual tenemos cierta certeza sobre la distribución, o caso contrario, ninguna al respecto (como por ejemplo en los shocks estocásticos). En el primero de los casos la elección de su distribución se basa en la lectura de la evidencia empírica existente, en el segundo la estrategia es principalmente establecer distribuciones previas con medias razonables y con una densidad que abarque una amplitud considerable de valores. Ya que partimos de la base en la cual conocemos la distribución de origen, su cálculo resulta sencillo.

Una vez que hemos derivado la función de verosimilitud y especificado las distribuciones *prior*, podemos estimar las distribuciones posteriores – *posterior distribution*-. Esta representa las probabilidades asignadas a diferentes valores de los parámetros después de observar los datos. Para expresar formalmente la forma descripta aplicamos el conocido teorema de Bayes considerando θ e y^* , lo que produce:

$$p(\theta / y^*) = \frac{p(\theta, y^*)}{p(y^*)} \quad (54)$$

$$p(y^* / \theta) = \frac{p(\theta, y^*)}{p(\theta)} \leftrightarrow p(\theta, y^*) = p(y^* / \theta)p(\theta) \quad (55)$$

Donde, $p(\theta / y^*)$ es la función *posterior*, la densidad de los parámetros del modelo condicionado a los datos, $p(\theta, y^*)$ es la distribución conjunta de los datos y los parámetros, $p(y^* / \theta)$ es la función de verosimilitud, por lo tanto la función de densidad de los datos condicionado a los parámetros; $p(\theta)$ es la función de densidad de los parámetros e incondicional – la *prior*-; y por ultimo $p(y^*)$ es la función de densidad marginal de los datos.

Remplazando (55) en (54), tenemos:

$$p(\theta / y^*) = \frac{p(y^* / \theta)p(\theta)}{p(y^*)} \quad (56)$$

Dado que $p(y^*)$ no depende de los parámetros, y por lo tanto, en lo que respecta a su estimación puede ser considerado como constante, y nos permite escribir:

$$p(\theta / y^*) \propto p(y^* / \theta)p(\theta) = K(\theta / y^*) \quad (57)$$

Donde $K(\theta / y^*)$ es la función posterior de Kernel – *Kernel posterior*-, que es proporcional a la *posterior* pero con la proporción $p(y^*)$.

$$\ln K(\theta / y^*) = \ln p(y^* / \theta) + \ln p(\theta) = \mathcal{L}(y^* / \theta) + \ln p(\theta) \quad (58)$$

Asumiendo la las funciones *prior* se distribuyen de forma independiente, esta ecuación puede calcularse como:

$$\ln K(\theta / y^*) = \mathcal{L}(y^* / \theta) + \sum_{x=1}^J \ln p(\theta) \quad (59)$$

Donde J es el número de parámetros estimado. Esta última es la ecuación que nos permitirá estimar las *posterior*. Sin embargo, siendo analíticamente inviable al ser una función con un alto grado de no linealidad, por lo tanto el análisis tiene que ser realizado con métodos numéricos.

Comenzamos maximizando (59) con respecto a θ con el fin de obtener una estimación para la moda – el *mode* – de la *posterior*, θ^m , y para la matriz Hessiana evaluada en dicho valor, $H(\theta^m)$.

Para ello utilizamos el método de muestreo Monte-Carlo Markov-Chain (MCMC), más específicamente el algoritmo Metropolis-Hastings (MH), para simular las funciones *posterior*. Este procedimiento se lleva adelante utilizando la rutina de optimización *csmiwell* desarrollada por Christopher Sims, e implícita en nuestro código de Dynare.

La varianza se construye como la inversa de la de matriz Hessiana multiplicada por una constante, denominada como el factor de escala, que es un parámetro crucial, ya que determina la relación de aceptación.

De esta manera somos capaces de obtener una aproximación de la distribución *posterior*, que se caracteriza por las medidas habituales de localización (moda, la media) y de dispersión (desviación estándar, percentiles) y que proporcionan estimaciones puntuales de los parámetros del modelo.

Más allá del cálculo de los momentos y distribuciones *posteriors*, estos resultados se pueden utilizar para una diversa serie de aplicaciones de interés práctico. Entre las más comunes destacamos la predicción; la descomposición histórica; las IRF – funciones impulso respuesta-; las descomposiciones de error de la varianza; y los escenarios de contraste.

Una etapa importante del proceso correspondiente a la estimación de un modelo DSGE es la evaluación de resultados. En este modelo en particular vamos a hacer hincapié en dos aspectos principales: la validación de los procedimientos de estimación y resultados, y su habilidad para caracterizar los datos. Por último, queda pendiente para futuras investigaciones su comparación con otros métodos de estimación.

En las siguientes subsecciones continuamos con la presentación de los datos y metodología, haciendo hincapié en estos dos aspectos mencionados.

5.1 Metodología y datos

Siguiendo la línea de la metodología descrita previamente, linealizamos las ecuaciones del modelo describiéndolo alrededor del estado estacionario. Su solución toma la forma de un *state-space* que es utilizada para computar la función de máxima verosimilitud. Estimamos mediante métodos Bayesianos de Máxima Verosimilitud en el cual seleccionamos las funciones *prior* para los parámetros que son incorporados en la función de máxima verosimilitud, y realizamos la estimación de las funciones *posterior* de los parámetros mediante el *Metropolis algorithm*, descrito previamente. Calibramos, a su vez, algunos parámetros considerando resultados en trabajos previos, ecuaciones ad-hoc o características de largo plazo de la economía Chilena.

El modelo incluye 13 shocks exógenos y 12 variables endógenas que se determinan dentro del modelo, por lo que no resulta necesario introducir errores de medición y no se sufre de problemas de singularidad. Destacamos a su vez que el modelo incluye 19 autovalores explosivos – con modulo mayor a 1 – y 19 variables *forward looking*, por lo que la condición de Blanchar-Kahn se cumple. Asimismo, considerando el cumplimiento de la condición de rango sobre Z_{22} , podemos afirmar la identificación de la matriz g_{y-1} y consecuentemente g_e de (22), lo cual logra una estable y única solución para el modelo. En total hubo 64 iteraciones que finalizaron cuando la función objetivo obtuvo el valor mínimo de -960.97 habiéndose efectuado 3000 simulaciones de Cadenas de Markov Montecarlo.

Sobre las variables endógenas buscamos replicar su comportamiento mediante las funciones impulso respuesta. Estas son: consumo real, inversión real, depósitos reales, préstamos reales a empresas y familias, tasa de política monetaria, tasa de interés en depósitos y préstamos, e inflación en salarios y precios, producto y capital de los bancos. Para el caso del consumo, depósitos, préstamos a las familias, préstamos a las empresas y la tasa de política monetaria e inflación hemos introducido sus valores trimestrales desde el 1998:Q1 hasta 2015:Q4 y expresado como desvío porcentual de su estado estacionario, como fue indicado previamente. Sobre ellas y una vez obtenidos los resultados, desarrollamos una comparación con la efectiva evolución que presentaron, haciendo hincapié entre los años 2008 y 2015²⁰.

5.2 Calibración

Siguiendo la línea del procedimiento que generalmente es llevado a cabo en la literatura DSGE, una serie de parámetros fueron calibrados desde el inicio. Este procedimiento permite mitigar el problema de identificación que los modelos DSGE comúnmente padecen, y que surge del hecho de la posible poca información que las variables utilizadas en la estimación puedan contener sobre algunos de los parámetros de interés²¹.

²⁰ En el apéndice podemos encontrar una descripción detallada de las mismas.

²¹ Kydland (1996) sostiene argumentos a favor de la calibración. En primer lugar lo diferencia del proceso de estimación, destacando el comportamiento probabilístico que implica este proceso. En su trabajo sostiene

En cuanto a los parámetros calibrados, 54 en total, son presentados en los cuadros 1,2 y 3 del apéndice A. Su elección se fundamenta desde un punto de vista estratégico considerando las variables observadas seleccionadas que permiten describir con mejor precisión los parámetros a estimar mediante métodos Bayesianos, sujetos a la restricción de que este proceso nos limita a discriminar por su capacidad de convergencia.

La inflación anual de 3.5% surge del promedio estimado en base a la diferencias de logaritmos del índice de precios de consumidor trimestral entre 2008: QI- 2015: QIV – anualizado- introducido en los datos, y se encuentra en línea con el target de inflación del 3% definido por el Banco Central de Chile en el año 1999. El factor de descuento para las familias pacientes se establece en 0.99 en orden de obtener una tasa de interés de política monetaria anual de 6% en estado estacionario.

La participación del capital en la función de producción arroja un valor de 33%, en línea con la participación de la fuerza laboral de 66% estimada para Chile y utilizada por Medina, J.P. y C. Soto (2007). En relación a los shocks incorporados en el modelo y detallados en el cuadro 2 del apéndice, utilizamos los mismos valores calibrados en nuestro trabajo de referencia Gerali, A. et al. (2010).

Los factores de descuento para familias pacientes e impacientes son calibrados en base a Iacoviello (2005), y Iacoviello y Neri (2008), al igual que la participación de viviendas en la función de utilidad. Los valores de los *LTV values* los obtenemos estimando por métodos Bayesianos, pero las condiciones iniciales surgen de una estimación presentada en el reporte “IMF Country Report” (2013) para el caso de familias impacientes, y en base a lo indicado por Christensen et al. (2007) para Canadá el correspondiente a las empresas. Consecuentemente se estiman las participaciones de los préstamos a empresas y familias en 51% y 49%, respectivamente, siguiendo lo indicado por Gerali, A et. Al (2010).

La depreciación del stock de capital la calibramos en 2.5% según Medina, J.P. y C. Soto (2007), y como fue mencionado previamente su participación en 33% dentro de la función de producción. En el mercado laboral asumimos un *markup* de 15, por lo cual la elasticidad de sustitución correspondiente es 5. En cuanto a la elasticidad de sustitución en la producción la asumimos en 6, lo cual está en línea con un *markup* del 20, valor comúnmente utilizado en la literatura.

Los parámetros del sector bancario los estimamos en base a la elasticidad de sustitución de los depósitos con un valor de -1.43 basados en un spread promedio de 80 puntos básicos entre las tasas de captación de depósitos y la tasa de política monetaria a lo largo el periodo en cuestión.

Por último, y como se detalla en el cuadro 3, todas las ponderaciones de costos y formación de hábito en consumo incorporados en el modelo son calibradas en base a Gerali, A., et. Al. (2010), quien a su vez calibra en función de la literatura estándar.

que en el proceso de calibración la información disponible es utilizada para calibrar el modelo y lograr que imite el comportamiento de la economía, lo más cercano posible dentro de una restricción determinada por una limitada, pero especificada, cantidad de dimensiones.

5.3 Las funciones *prior*

Las funciones *prior* seleccionadas son presentadas en la tabla 4 del apéndice A, donde encontramos un detalle de los 10 parámetros estimados mediante métodos Bayesiano, los cuales fueron seleccionados estratégicamente con el fin de corroborar las inquietudes planteadas en la hipótesis de nuestro trabajo. Allí, podemos observar sus correspondientes funciones *prior* y las respectivas medias y desvío estándar. Todas ellas basadas en trabajos previos o consideraciones por parte del autor en cuanto a los resultados esperados.

Las funciones Beta fueron seleccionadas para los parámetros LTV *value* de familias impacientes m_t^I , LTV *value* para empresas m_t^E , el coeficiente autorregresivo del shock de política monetaria ρ_t^R y el correspondiente a la elasticidad de sustitución en la producción de retailers ρ_t^Y . El fundamento de elegir esta distribución se basa en que esperamos resultados sesgados entre cero y uno. Para las condiciones iniciales de los dos primeros nos fundamentamos en la calibración realizada por el reporte “IMF Country Report” (2013) para las familias impacientes, y Christensen et al. (2007) para las empresas. En el caso de los coeficientes autorregresivos, aplicamos el mismo criterio, utilizando el valor obtenido por Gerali et. Al (2010) a la hora de seleccionar la condición inicial.

Tanto para las ponderaciones asignadas al peso del producto y la inflación en la regla de Taylor, utilizamos la función gamma inversa. Esto se debe a que esperamos un valor positivo en sus resultados, y asignamos a la condición inicial de sus medias valores más elevados en comparación a los utilizados en Gerali et. Al (2010), fundamentados por la presencia de mayor volatilidad en los correspondiente indicadores para el caso de Chile.

Por último, elegimos para los desvíos estándar de los shocks en tecnología, política monetaria, markdown de depósitos y markup de préstamos la función gamma inversa, guiándonos por Gerali et. Al (2010) ya que esperamos resultados positivos en sus valores, y seleccionamos las condiciones iniciales aproximando a los valores esperados que deberían presentar, buscando así captar el rango más amplio posible para la captación de datos.

5.4 Las funciones *posterior*

Tanto en el cuadro 4 del Apéndice A como en los gráficos 3 y 4 del apéndice B podemos observar los resultados que competen a esta estimación. Allí encontramos las medias y desvíos estándar establecidos a priori, como a su vez los valores obtenidos para las respectivas funciones *posterior* en cuanto a sus media e intervalo de confianza del 90%.

A su vez, podemos observar en el cuadro 5 del apéndice la comparación de resultados con los obtenidos por Gerali et. Al (2010), quien estima este modelo para la Unión Europea, y Soto y Medina (2007) quienes aplican un modelo NKM DSGE para Chile entre el 1987 y 2005.

En cuanto a los coeficientes autorregresivos de los shocks de política monetaria y de elasticidad de sustitución en la producción *retailers* encontramos cierta persistencia en ambos. Observamos que el primero es estimado con un valor mayor en comparación al asignado como condición inicial, en

tanto que el correspondiente al segundo es menor a lo planteado. Esto lo podemos interpretar como una mayor persistencia en el shock de política monetaria y resulta razonable considerando la estructura de mercado asumida para el sector financiero, en la cual rige poder monopólico y precios friccionados. Este resultado es mayor a lo obtenido por Gerali et. Al (2010) y Soto y Medina (2007), con un ajuste prácticamente idéntico con el segundo. En cuanto a lo expuesto, podríamos concluir que la persistencia de shocks contractivos de política monetaria es mayor en Chile en comparación a la Unión Europea.

Para los cuatro shocks incorporados, observamos una coherencia en los resultados generales obtenidos en sus desvíos estándar, interpretados como medida de volatilidad. Destacamos que el más significativo de ellos corresponde al markup sobre los depósitos, ya que es el único que obtiene una estimación en la media de su función *posterior* superar al valor inicial asignado. Sin embargo, consideramos a este como un punto débil del modelo y a corroborar en estudios posteriores, dado que en base a hechos estilizados y resultados obtenidos en los trabajos de comparación, es la tasa activa la cual debe presentar mayor variabilidad a lo largo del tiempo.

En cuanto a los *LTV values*, en el caso de las familias impacientes el ajuste es prácticamente exacto, en cambio para las empresas es sustancialmente menor. Definiendo la exposición a la pérdida una vez reconocido el default como $1 - m_t^E$, observamos que para el caso de Chile, y en particular para las empresas, este valor se incrementa desde un 80% planteado a un 90% estimado por el modelo, reflejando una alta exposición al riesgo de crédito corporativo, incluso mayor al pre establecido en base a Christensen et al. (2007) para Canadá.

Por último, encontramos un ajuste muy preciso para la ponderación del crecimiento en la regla de Taylor, y una estimación superior por parte del modelo a la ponderación de la inflación en comparación a la media asignada ex ante. Esto tiene sentido económico dado que las reglas de política monetaria surgieron en Chile a consecuencia de las altas tasa de inflación registrada a fines de los años 1990, tal como se indica en Medina y Soto (2007). Este último obtiene un resultado de 1.67 para el periodo 2000-2005, y consideramos razonable nuestro resultado para el modelo planteado dada la reacción por parte de Banco Central de Chile ante la suba de tasa y caída de la inflación durante el shock de la crisis de 2008. A su vez, en dicho trabajo la inflación se introduce como desviación del target de política monetaria, y al crecimiento lo introducen definido como diferencia de logaritmo. Esta metodología no coincide con la nuestra, al igual que los periodos de análisis, pero la interpretación de que en términos relativos existe una mayor ponderación a la inflación que al crecimiento coincide y resulta razonable.

6 Propiedades del modelo estimado

En cuanto a las propiedades del modelo, lo primero que debemos comprobar es la calidad de la maximización numérica de la función Kernel. Esto lo llevamos a cabo para cada parámetro estimado mediante el trazado de la función alrededor de valores en torno de su moda calculada. Si esta no es estimada en la parte inferior de la distribución, hay una clara señal de que el procedimiento numérico está teniendo dificultades para encontrar el óptimo. Esto puede estar relacionado con distribuciones previas pobres o a problemas de identificación. Como podemos

observar en los gráficos 1 y 2 del apéndice B, en el único parámetro que estaríamos encontrando esta dificultad es en ϕ_{π} , la ponderaciones asignadas al peso de la inflación en la regla de Taylor, lo cual en base a los resultados obtenidos, se vincula con la condición inicial asignada que es sustancialmente inferior a la estimada.

En segundo lugar, si se llega a la conclusión de que el procedimiento numérico está funcionando bien, entonces podemos proceder a la inspección de la moda de los parámetros y la desviación estándar calculadas. Estas deben ser plausibles tanto desde el punto de vista estadístico como económico, por lo que la comparación con estudios previos resulta ser de extrema utilidad. En la tabla 5 del apéndice A se realizó una comparación de los resultados obtenidos con los correspondientes de Gelari et. Al (2010), y Medina y Soto (2007). Mediante su interpretación concluimos que el grado de reacción para la inflación por parte del Banco Central de Chile es mayor a la del crecimiento, respetándose este patrón en la Unión Europea. A su vez existe en Chile una alta exposición al riesgo de crédito corporativo, la cual supera a su vez la obtenida para la Unión Europea por Gerali et.al. (2010). En adición a ello, encontramos que en Chile, y coincidiendo con Medina y Soto (2007), existe una mayor persistencia en los efectos de un shock contractivo de política monetaria.

En tercer lugar, si las estimaciones son razonables, pueden ser consideradas como buenas condiciones iniciales para el algoritmo MH y, por lo tanto, nos habilita a proceder con el examen de sus propiedades de convergencia. Esta es la principal fuente que nos permite ganar confianza o detectar un problema con los resultados. Para obtenerlo, se deben llevar a cabo varias ejecuciones independientes en las simulaciones MH, cada una de ellas a partir de una condición inicial diferente, y en cada una de ellas lograr un número suficiente de representaciones. Si se logra la convergencia, y el optimizador no quede atascado, nos enfrentamos a dos escenarios posibles: los resultados dentro de iteraciones de una misma ejecución deben ser similares, o bien estos resultados aplicados a ejecuciones diferentes deben estar cerca. Cuando no se logra la convergencia, el problema suele estar vinculado con funciones *prior* pobres o a un número insuficiente de iteraciones MH. En el presente trabajo encontramos el modelo que mejor ajusta luego de realizar una amplia lista de pruebas de convergencia, modificando tanto los valores iniciales como las funciones *prior*, encontrando en todos los casos una convergencia satisfactoria.

En cuarto lugar, es necesario inspeccionar las funciones *posterior* simuladas y compararlas tanto con las distribuciones *prior* y *posterior* obtenidas por la maximización de la Kernel *posterior*. En primer lugar, las distribuciones *posterior* deben ser aproximadamente normales. En segundo lugar, la *prior* y la *posterior* no debe ser excesivamente diferente ni excesivamente similar. Si están muy lejos unas de otras, esto puede indicar que las *prior* están imponiendo restricciones sobre los datos en forma errónea. Si son demasiado similares, los resultados probablemente están siendo conducidos en su mayoría por la *prior* y sólo marginalmente por los datos. Por último, la moda simulada para las funciones *posterior* no debe ser muy diferente de la calculada en la optimización numérica de la función posterior de Kernel. Estos resultados los podemos ver reflejados en los gráficos 3 y 4 del apéndice B, como el cuadro 4 del apéndice A, y destacamos que en ninguno de los casos existe una identificación exacta, ni tampoco una extremadamente diferente, por lo cual

el ajuste del modelo es considerado razonable, considerando a su vez su trazado aproximadamente como una función de distribución normal.

Por último, podemos corroborar la estabilidad del modelo observando la convergencia de todas las variables a su estado estacionario luego de un shock contractivo de política monetaria, lo que comprobamos en el apartado siguiente.

6.1 Shock contractivo de política monetaria

Ahora nos focalizamos en la dinámica del modelo utilizando las funciones impulso respuesta luego de que un shock contractivo de política monetaria afecta la economía. El objetivo es conocer su efecto sobre los agregados macroeconómicos replicados por el modelo, comparando su evolución con respecto a la que efectivamente presentaron a partir del tercer trimestre del 2008, y de este modelo concluir sobre a su vez sobre la capacidad predictiva del modelo.

Este shock se analiza mediante la aplicación de un incremento aproximado de 40 puntos básicos de la tasa r_t de la regla de política monetaria. El modelo descrito presenta distintos mecanismos de transmisión ante impulsos monetarios. En adición al tradicional en tasas, encontramos tres adicionales: el primero vinculado a la restricción llevada a cabo para la toma de préstamos cuyo efecto directo es una reducción en el valor presente de los colaterales (viviendas y capital); a lo que se agrega un efecto acelerador por el lado del menor valor de los colaterales que reduce la capacidad de endeudamiento en las familias impacientes y empresas; y por último, dado que incorporamos tasas nominales, un efecto redistributivo por inflación entre pacientes e impacientes.

A la hora de hacer más comprensivo nuestro análisis, podemos guiarnos en los gráficos 5 y 6 del apéndice B para encontrar que inicialmente el shock de política monetaria en la tasa r_t es inmediato pero presenta un ajuste endógeno que lo retrae al reaccionar el Banco Central de Chile ante la caída del producto, consumo e inflación (principalmente) en relación a su estado estacionario. Los préstamos a las familias impacientes y empresas caen reflejando la caída en los precios de los activos colaterales y mayores tasas, siendo el impacto sobre los primeros mayor. Podemos observar que el aumento en las tasas activas para familias y empresas es menos que proporcional a la de la tasa de política monetaria, pero permanece por encima del estado estacionario durante un lapso de tiempo mayor reflejando así un imperfecto *pass-through* y la alta persistencia que mencionamos previamente. Asimismo existe un incremento en la tasa pasiva, pero a un ritmo menos pronunciado, lo cual es acorde a los hechos estilizados observados en la mayoría de las economías. El efecto sobre el capital de los bancos es positivo en un comienzo inmediato, dado los mayores spreads, pero se va diluyendo rápidamente, e incluso tornándose negativo luego de no más de 4 trimestres, y recuperando su estado estacionario en la medida que la economía retoma equilibrio luego de un tiempo considerable, y en línea con el ciclo de los créditos consecuente por su carácter pro cíclico.

En los gráficos 6, 7, 8 y 9 del apéndice B presentamos la evolución que efectivamente presentaron las variables explicadas previamente, considerando su ciclo real sin estacionalidad. En línea a las estimaciones cabe destacar que a nivel tasas, el shock sobre la referencia de política monetaria es más que proporcional al de las tasas activas y más transitorio, en cuanto a que la pasiva presenta una reacción menor. En consumo observamos que si bien recupera su estado estacionario aproximadamente luego de una misma cantidad de periodos a lo estimado, su caída inicial es mayor, en tanto que la inflación presenta el mismo sendero.

Los préstamos hipotecarios, comerciales y precio de las viviendas presentan su valor máximos en el tercer trimestre de 2008, a partir del cual el shock de política monetaria se hace efectivo. Observamos una reacción por parte de los préstamos comerciales con una velocidad mayor a los hipotecarios, los cuales nunca vuelven a su estado estacionario. Los depósitos reaccionan con mayor volatilidad pero menor amplitud, lo cual es consistente a la evolución de las tasas pasivas.

7 Resumen y conclusiones

El modelo NKM DSGE desarrollado en el presente trabajo intenta replicar las particularidades de la economía Chilena mediante la introducción de un sistema bancario como intermediario financiero que opera en un mercado de competencia monopolística y donde existen fricciones en precios.

El mismo nos permite estudiar sus principales relaciones macroeconómicas, y mediante ello analizar el efectos sobre los principales agregados de un shock exógeno, transitorio y contractivo de la tasa de política monetaria.

De esta forma encontramos que nuestros resultados se encuentran en línea con autores como Gerali et. A. (2010) y Medina y Soto (2007) en cuanto a los aspectos más relevantes, destacando que en Chile existe una alta exposición al riesgo de crédito corporativo y una regla de Taylor aplicada por el Banco Central que presenta una reacción relativamente más alta sobre la inflación. Esto genera que un shock contractivo de política monetaria genere un impacto mayor en la volatilidad de los préstamos a favor empresas, a pesar de que el efecto inmediato sobre las familias sea mayor, como a su vez una reacción inmediata por la política monetaria con el fin de evitar una caída prolongada en la inflación. En cuanto al sector bancario, si bien registra un aumento en su capital al corto plazo inmediato, el mismo se convierte negativo y recupera su estado estacionario luego de un considerable periodo de tiempo, reflejando el ciclo de los créditos relacionado con su carácter pro cíclico. Cabe destacar que, por la estructura planteada, la persistencia de un shock de política monetaria es alta.

Se destacan los resultados obtenidos al comparar los efectos de un shock de política monetaria de nuestro modelo con los efectos de la Crisis financiera Internacional de 2008, encontrando un reflejo en el comportamiento de la economía. Esto indica que existe una apropiada capacidad del modelo estimado para reflejar propiedades empíricas de los datos.

Si bien los resultados obtenidos los consideramos razonables, un próximo objetivo será la incorporación de un sector externo, tal como desarrollan Galí y Monacelli (2005) o Medina y Soto (2007), dado que generaría una mejor caracterización de la economía Chilena. Asimismo, llevar a cabo esta estimación mediante métodos similares, como por ejemplo modelos VAR o BVAR, contribuirá a una mayor riqueza en cuanto al análisis de sus propiedades.

Bibliografía

- An, S. and Schorfheide, F. (2007), Bayesian analysis of DSGE models, *Econometric Reviews* Vol. 26 (2).
- Abel, A. (1990), Asset prices under habit formation and catching up with the joneses, *The American Economic Review*, Vol. 80 (2).
- Adolfson, M; Laséen, S.; Lindé, J. y Villani, M. (2005), Bayesian Estimation of Open Economy DSGE Model with Incomplete Pass Throug, Sveriges Riksbank, SE-103 37 Stockholm, Sweden.
- Adolfson, M., Lindé, J. and Villani, M. (2007), Forecasting performance of an open economy DSGE model, *Econometric Reviews* ,Vol. 26 (2-4).
- Altig, D., Christiano, L., Eichenbaum, M. and J. Lind'e (2003), The Role of Monetary Policy in the Propagation of Technology Shocks, manuscript, Northwestern University.
- Bernanke, B.S., M. Gertler and S. Gilchrist (1999), The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework, in J.B. Taylor and M. Woodford, eds., *Handbook of Macroeconomics*, North-Holland.
- Calvo, G. (1983), Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework, *Journal of Monetary Economics*.
- Christensen, I., P. Corrigan, C. Mendicino and S. Nishiyama (2007), An Estimated Open-Economy General Equilibrium Model with Housing Investment and Financial Frictions, mimeo, Bank of Canada.
- Christiano, L., M. Eichenbaum and C. Evans (2005), Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy, *Journal of Political Economy*.
- Christofel, K., Coenen, G. and Warne, A. (2008), The new area-wide model of the euro area: a micro-founded open-economy model for forecasting and policy analysis, European Central Bank - working papers series No. 944.
- Constantino, H. (2014), Kalman filter and MLE estimation of DSGE models, Universidad Torcuato Di Tella. Notas de Clase.
- DeJong, D. and Chetan, D. (2011), *Structural Macroeconometrics*, Princeton University. Second Edition.

DeJong, D., Ingram, B. and Whiteman, C. (2000), A bayesian approach to dynamic macroeconomics, *Journal of Econometrics* Vol. 98.

Del Negro, M., Schorfheide, F., Smets, F. and Wouters, R. (2005), On the estimation and forecasting performance of new keynesian models, European Central Bank - working papers series No. 491.

Erceg, C., Henderson, D. and Levin, A. (2000), Optimal monetary policy with staggered wage and price contracts, *Journal of Monetary Economics* Vol. 46.

Escude, G (2009). ARGEMmy: An intermediate DSGE model calibrated/estimated for Argentina: two policy rules are often better than one, Banco Central de la República Argentina. Working Paper 2009, nro. 42.

Fernandez-Villaverde, J. and Rubio-Ramirez, J. (2004), Comparing dynamic equilibrium models to data, a bayesian approach, *Journal of Econometrics* Vol. 123.

Gali and Monacelli, (2005), Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy, *Review of Economic Studies*.

Gerali, A., S. Neri, L. Sessa, F. Signoretti. (2010). Credit and Banking in a DSGE Model of the Euro Area. *Journal of Money Credit and Banking*, Vol. 42, No. 6.

Geweke, J. (2006), Computational experiments and reality, University of Iowa - Working paper.

Goodfriend, M. and B.T. McCallum (2007), Banking and interest rates in monetary policy analysis: A quantitative exploration, *Journal of Monetary Economics*.

Iacoviello, M. (2005), House Prices, Borrowing Constraints and Monetary Policy in the Business Cycle, *American Economic Review*.

Iacoviello, M. and Neri S. (2008), Housing market spillovers: evidence from an estimated DSGE model, Banca d'Italia Discussion papers, no. 659.

Ireland, P. (2001), Sticky price models of the business cycle: specification and stability, *Journal of Monetary Economics* Vol. 47.

Juillard, M., Kamenik, O., Kumhof, M. and Laxton, D. (2006), Measures of potential from an estimated DSGE model of the united states, Czech National Bank - working papers series No. 11.

Kumhof, M. and Laxton, D. (2007), A party without a hangover?, International Monetary Fund - Research papers series No. 43.

Kim, J. (2000), Constructing and estimating a realistic optimizing model of monetary policy, *Journal of Monetary Economics* Vol. 45.

Kydland, F. and Prescott, E. (1982), Time to build and aggregate fluctuations, *Econometrica* Vol. 50 (6).

Kydland, Finn and E. Prescott. (1996), The computational experiment: an econometric tool, *Journal of Economic Perspectives*, Vol 10, No 1, 69-85.

Kilponen, J. and Ripatti, A. (2006), Labour and product market competition in a small open economy: simulation results using a DGE model of the Finnish economy, Bank of Finland . Discussion papers series No. 5.

Kulish, M. y Pagan, A. (2016), Estimation and Solution of Models with Expectations and Structural Changes.

Lucas, R.E. (1978), Asset Prices in an Exchange Economy, *Econometrica*.

Medina, J.P. y C. Soto (2007), The Chilean Business Cycles through the Lens of a Stochastic General Equilibrium Model, Central Bank of Chile Working Paper no. 45.

Medina, J. P. and C. Soto (2006), Copper Price, Fiscal Policy and Business Cycle in Chile, mimeo, Central Bank of Chile.

Rabanal, P. and Rubio-Ramirez, J. (2005), Comparing new keynesian models of the business cycle: a bayesian approach, *Journal of Monetary Economics* Vol. 52.

Rotemberg, J. and Woodford, M. (1995), Dynamic general equilibrium models with imperfectly competitive product markets, National Bureau of Economic Research - working papers series No. 4502.

Schmitt-Grohe, S. and M. Uribe (2005), Optimal Fiscal and Monetary Policy in a Medium-Scale Macroeconomic Model, in Gertler, M. and K. Rogoff, eds., NBER Macroeconomics Annual 2005, MIT Press: Cambridge MA, 2006.

Sims, Christopher A. (1980), Macroeconomics and Reality, *Econometrica*, The Econometric Society.

Smets, F. and Wouters, R. (2003), An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area, *Journal of the European Economic Association* Vol. 1 (5).

Revistas Consultadas

IMF Country Report No. 13/199 , IMF, Servicios de publicación, Julio 2013

CEPAL " El sistema financiero en América Latina y Caribe: Una caracterización", Serie Financiamiento para el Desarrollo N°148, 2013.

Páginas web consultadas

Banco Mundial: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=1228#>

Banco Central de Chile: <http://si3.bcentral.cl/Siete/secure/cuadros/home.aspx>

APENDICE A. Calibración de parámetros.

Cuadro 1: Calibración de parámetros.

Parámetro	Valor	Descripción	Fuente
β_p	0.99	Factor de descuento para familias pacientes	Medina, J.P. y C. Soto (2007)
β_I	0.975	Factor de descuento para familias impacientes	Iacoviello (2005) ,y Iacoviello and Neri (2008)
β_I	0.975	Factor de descuento para empresas	Iacoviello (2005) ,y Iacoviello and Neri (2008)
j	0.2	Participación de viviendas en la función de utilidad.	Iacoviello y Neri (2008)
\emptyset	0.84	Elasticidad de sustitución de oferta de trabajo	Medina, J.P. y C. Soto (2007)
α	0.33	Participación del capital en la función de producción.	Medina, J.P. and C. Soto (2007)
ε_t^d	-1.46	Elasticidad de sustitución en los depósitos.	Estimación propia.
ε_t^{bH}	2.932806	Elasticidad de sustitución en los préstamos por familias.	Estimación propia.
ε_t^{bE}	2.932806	Elasticidad de sustitución en los préstamos por empresas.	Estimación propia.
ε_t^y	6	Elasticidad de sustitución en la producción.	Gerali, A., S. Neri, L. Sessa, F. Signoretti. (2010)
ε_t^l	5	Elasticidad de sustitución en el trabajo.	Gerali, A., S. Neri, L. Sessa, F. Signoretti. (2010)
γ^P, γ^I	0.49	Participación de las familias en la riqueza	Consecuencia de m_t^I
γ^E	0.51	Participación de las empresas en la riqueza.	Consecuencia de m_t^E
d	0.025	Tasa de depreciación del capital.	Medina, J.P. and C. Soto (2007)
π	0.035	Tasa de inflación anual.	Estimación propia.
$r_t^{bE}, r_t^{bH}, r_t^d$	-	Tasas de interés para familias pacientes, impacientes y empresas.	Estimación endógena del modelo en base a $\varepsilon_t^d, \varepsilon_t^{bH}$ y ε_t^{bE}
h	1	Stock fijo de viviendas.	Supuesto del modelo.
v^b	0.09	Ratio de apalancamiento	Basilea II

Cuadro 2: Coeficiente auto regresivos de los shocks exógenos incorporados al modelo.

Parámetro	Valor	Descripción
$\rho_{\beta P}$	0.3935	Preferencias intertemporales de las familias pacientes
$\rho_{\beta E}$	0.939	Preferencias intertemporales de las empresas
ρ_j	0.9211	Distribución de dividendos por lo <i>retailers</i> .
ρ_{me}	0.8938	<i>Itv value</i> para empresas
ρ_{mi}	0.9264	<i>Itv value</i> para familias impacientes
ρ_{mkd}	0.838	<i>markup</i> en depósitos
ρ_{mkbh}	0.8394	<i>markup</i> en préstamos a familias impacientes
ρ_{mkbe}	0.8342	<i>markup</i> en préstamos a empresas
ρ_{qk}	0.5434	Producción.
ρ_l	0.6399	Elasticidad de sustitución en el trabajo.
ρ_{kb}	0.8129	Elasticidad de sustitución en el capital de los bancos.

Cuadro 3: Parámetros para ajustes de costos, indexaciones y formaciones de hábitos.

Parámetro	Valor	Descripción
κ_p	28.6501	Costo de ajuste en familias pacientes
κ_w	99.8982	Costo de ajuste en salario
κ_i	10.1821	Costo de ajuste en individuos impacientes
κ_d	3.5029	Costo de ajuste en depósitos
κ_{be}	9.3638	Costo de ajuste en préstamos a empresas
κ_{bh}	10.0866	Costo de ajuste en préstamos a familias
κ_{kb}	11.0683	Costo de ajuste en capital de bancos
ζ_p	0.1605	Peso relativo del ajuste de inflación (de estado estacionario y corriente) para los productores <i>retailers</i> .
ζ_E	0.2756	Peso relativo del ajuste de inflación (por costo de mano de obra) para las familias pacientes.
α_i	0.8555	Grado de formación en los hábitos de consumo para familias pacientes.

Cuadro 4: Funciones prior y posterior para los parámetros.

Detalle		Prior Distribution			Posterior Distribution		
Parametro	Descripción	Distribución	Media	Des. Est.	Media	90% HPD interval	
m_i_ss	LTV value para familias impacientes	Beta	0.8	0.05	0.8073	0.7876	0.8267
m_e_ss	LTV value para empresas	Beta	0.2	0.05	0.1124	0.1058	0.1212
rho_ib	Coficiente autoregresivo del shock de política monetaria.	Beta	0.7	0.05	0.8776	0.8603	0.9022
rho_eps_y	Elasticidad de sustitución en la producción de retailers.	Beta	0.3	0.05	0.2871	0.2298	0.3379
phi_y	Ponderaciones asignadas al peso del producto en la regla de Taylor.	gamma_inversa	0.35	0.01	0.3487	0.3349	0.3537
phi_pie	Ponderaciones asignadas al peso de la inflación en la regla de Taylor.	gamma_inversa	4	0.25	5.6583	5.1756	5.9302
Shocks	Descripción	Distribución	Media	Des. Est.	Media	90% HPD interval	
e_qk	Shock tecnológico	gamma_inversa	0.001	0.05	0.0009	0.0005	0.001
e_mk_bh	Shock al markup en préstamos a familias	gamma_inversa	0.1	0.1	0.0791	0.0373	0.142
e_mk_d	Shock al markup en depósitos	gamma_inversa	0.9	0.1	1.1951	1.0794	1.278
e_r_ib	Shock de política monetaria	gamma_inversa	0.001	0.05	0.0012	0.001	0.0014

Nota: Resultado obtenido en base a 10 cadenas y 100.000 iteraciones mediante el Metropolis Algorithm

Cuadro 5: Comparación de resultados con otros autores.

Descripción del parámetro	Autor	Distribución	Prior	Posterior
Ponderaciones asignadas al peso de la inflación en la regla de Taylor.	Gerali et al (2010)	Gamma	2	2.02
	Piña (2016)	gamma_inversa	4	5.6583
	Medina y Soto (2007)	Gamma	1.5	1.67
Ponderaciones asignadas al peso del producto en la regla de Taylor.	Gerali et al (2010)	Normal	0.1	0.24
	Piña (2016)	gamma_inversa	0.35	0.348
	Medina y Soto (2007)	Gamma	0.5	0.39
Coficiente autoregresivo del shock de política monetaria.	Gerali et al (2010)	Beta	80	0.81
	Piña (2016)	Beta	0.7	0.8776
	Medina y Soto (2007)	Beta	0.7	0.87
Shock tecnológico	Gerali et al (2010)	gamma_inversa	0.01	0.013
	Piña (2016)	gamma_inversa	0.001	0.0005
	Medina y Soto (2007)	gamma_inversa	1	1.43
Shock al markup en préstamos a familias	Gerali et al (2010)	gamma_inversa	0.01	0.01
	Piña (2016)	gamma_inversa	0.1	0.0791
	Medina y Soto (2007)	N/A	N/A	N/A
Shock al markup en depósitos	Gerali et al (2010)	gamma_inversa	0.01	0.031
	Piña (2016)	gamma_inversa	0.9	1.1951
	Medina y Soto (2007)	N/A	N/A	N/A
Shock de política monetaria	Gerali et al (2010)	gamma_inversa	0.01	0.008
	Piña (2016)	gamma_inversa	0.001	0.0012
	Medina y Soto (2007)	gamma_inversa	0.5	0.37

APENDICE B. Análisis gráfico de funciones impulso respuesta.

Grafico 1: Revisión grafica del modo en la optimización de la función Kernel.

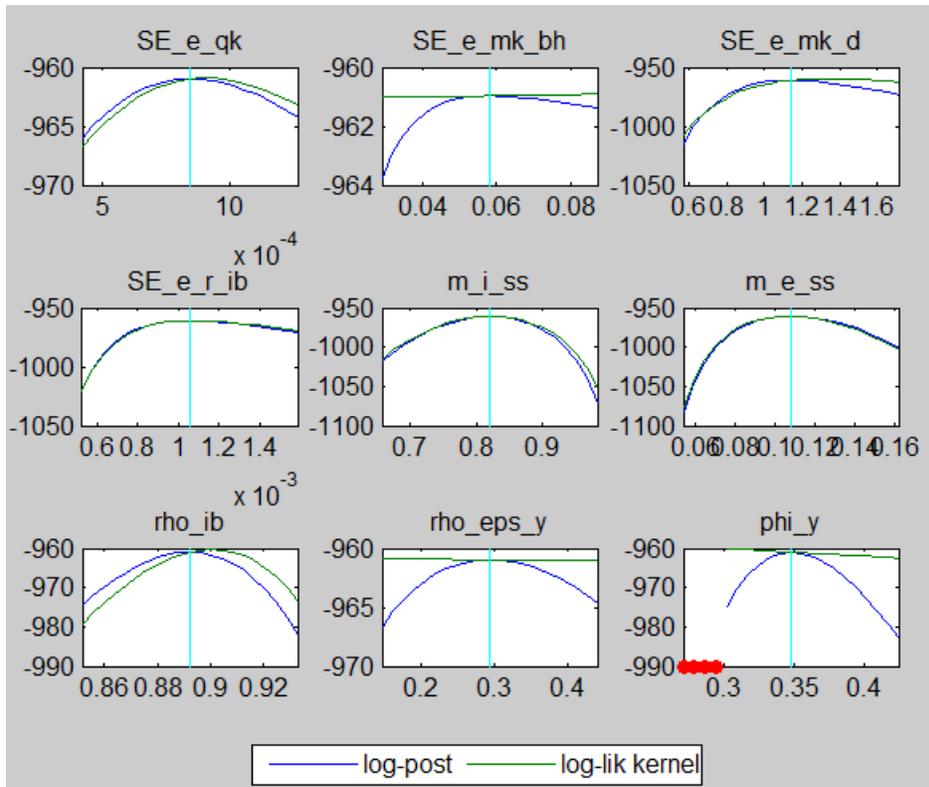


Grafico 2: Revisión grafica del modo en la optimización de la función Kernel.



Grafico 3: Funciones prior y posterior para los parámetros estimados.

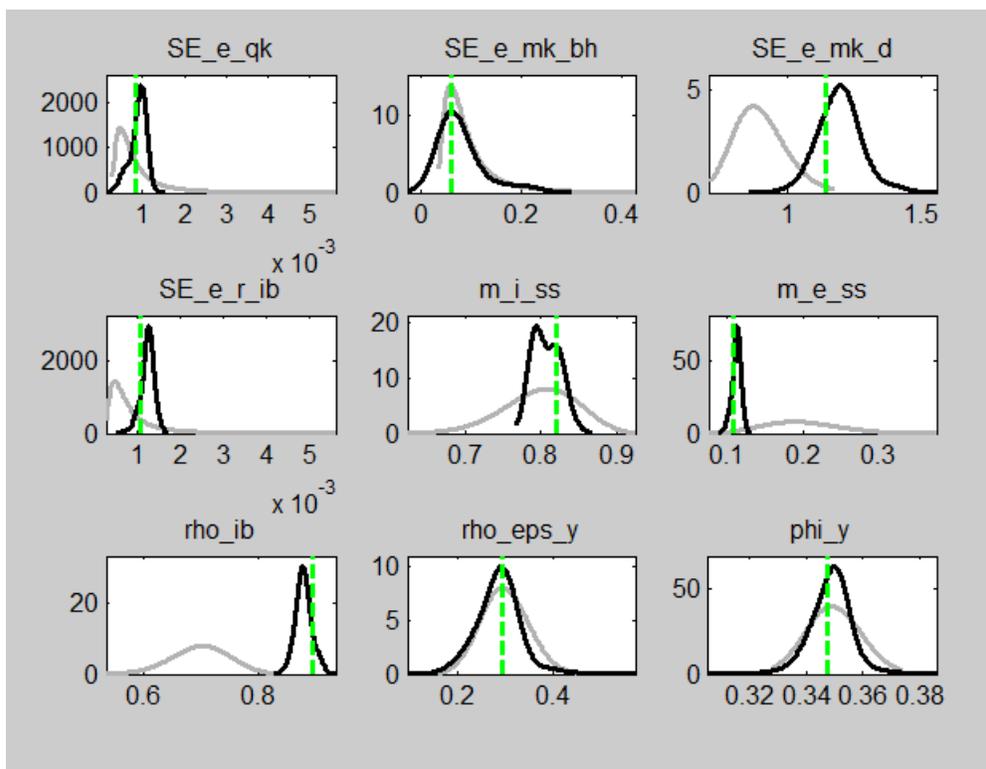


Grafico 4: Funciones prior y posterior para los parámetros estimados.



Grafico 5: Efectos de un shock de política monetaria.

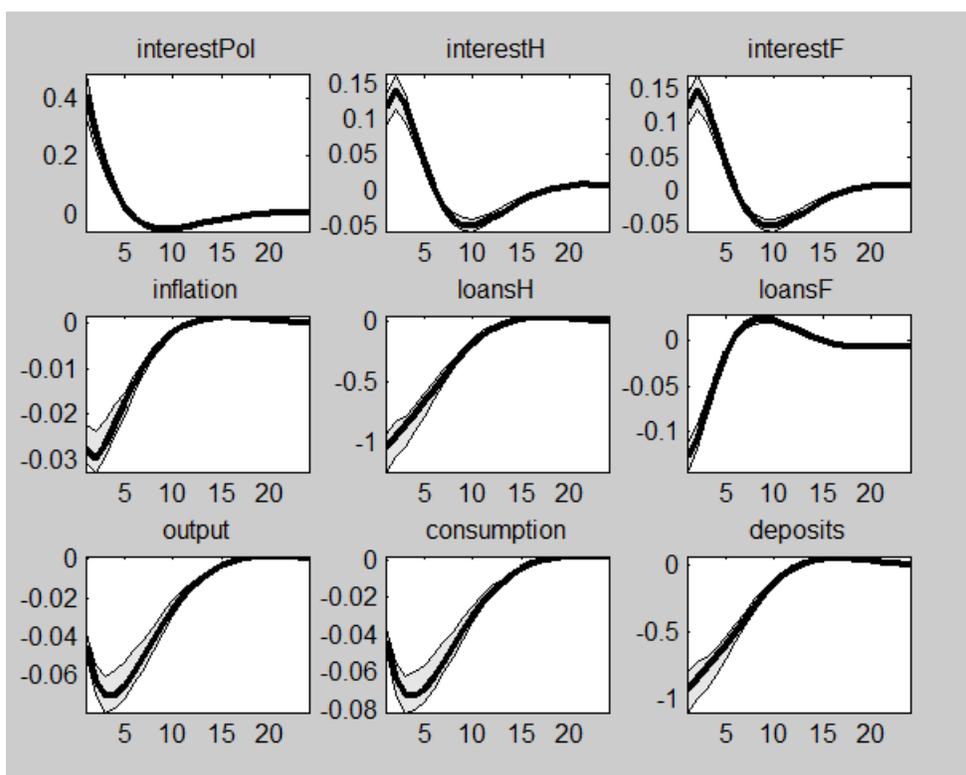


Grafico 6: Efectos de un shock de política monetaria.

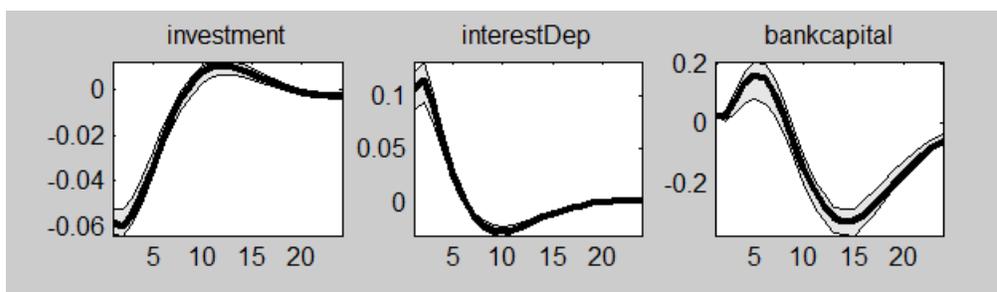
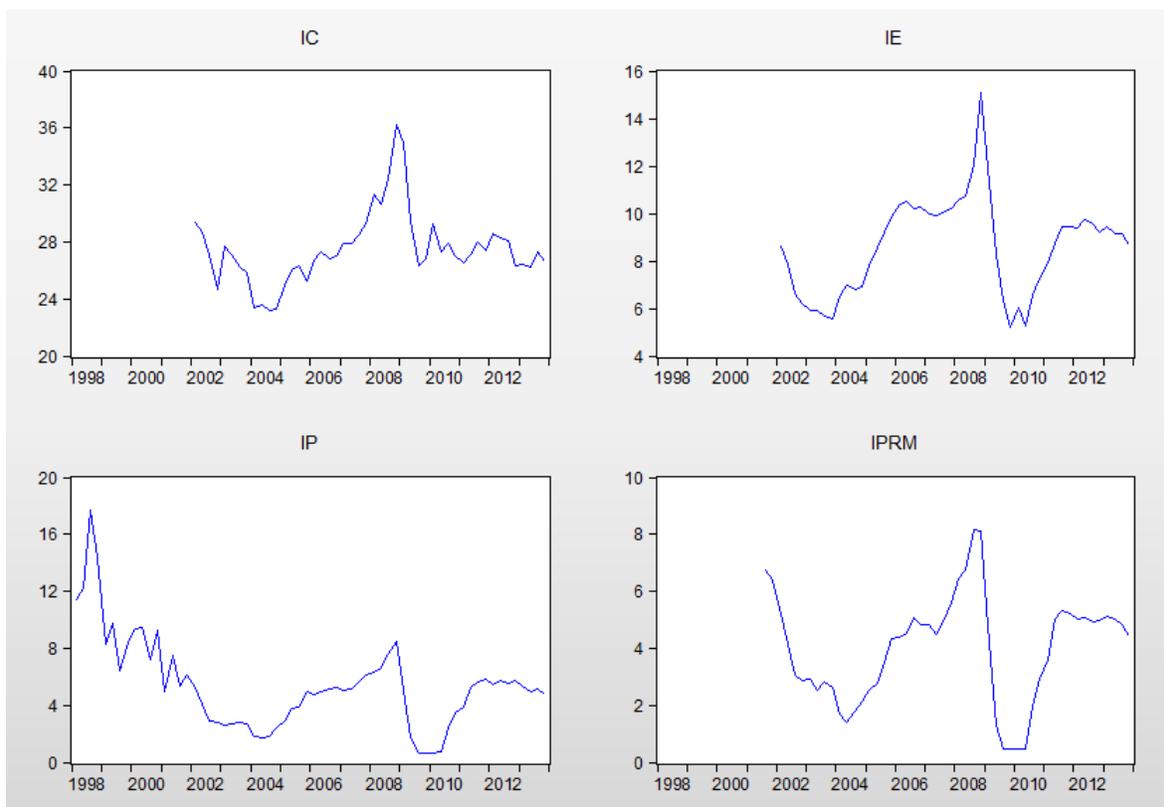
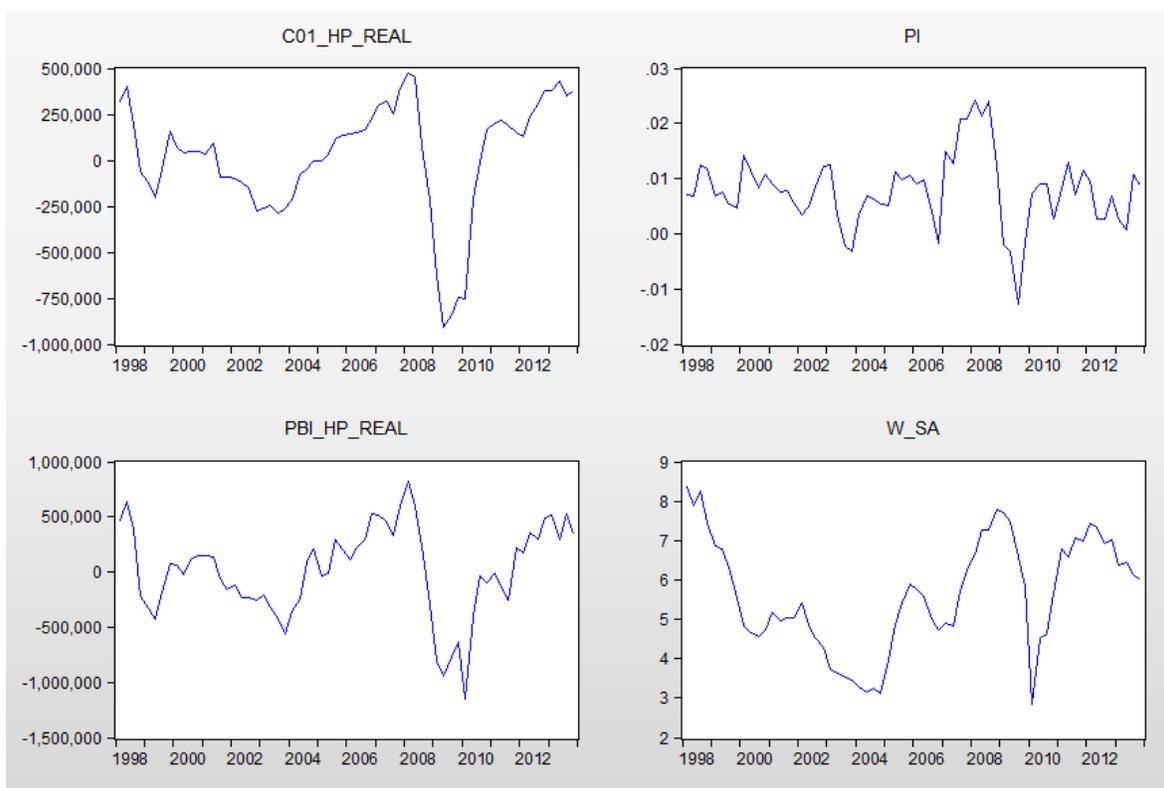


Grafico 7: Tasa de interés al consumo y comerciales, tasa pasiva y regla de política monetaria.

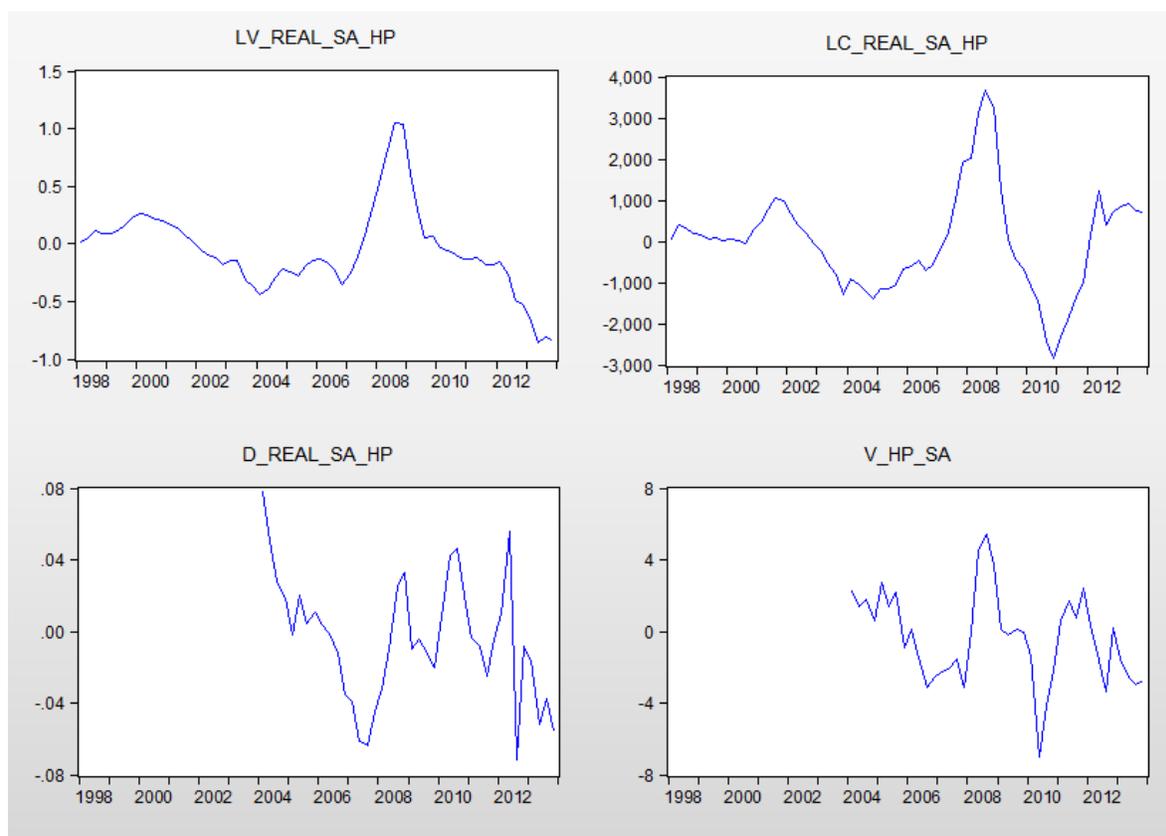


Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de la página web del BCC. IC= tasa de interés al consumo, IE=Tasa de interés a las empresas, IP=Tasa de interés pasiva; y IPRM= tasa de regla de política monetaria. Véase Apéndice C para mayor detalle. Véase Apéndice C para mayor detalle.

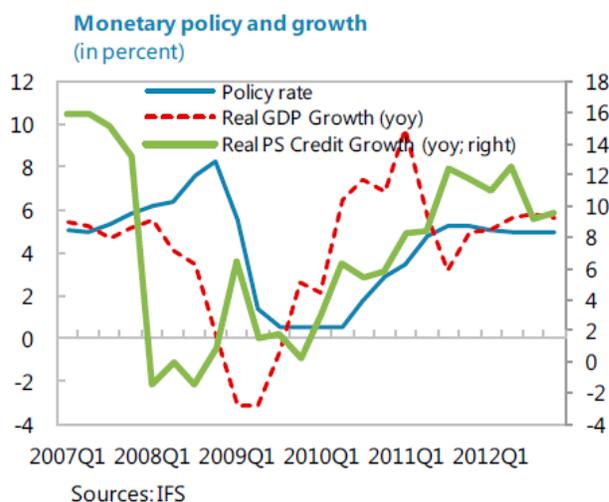
Grafico 8: Ciclo real del consumo, salario real, inflación y pbi.



Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de la página web del BCC. C01_HP_REAL= Consumo de hogares, PI=Inflación trimestral, PBI_HP_Real=Producto Bruto interno; y W_Sa= Índice general de remuneraciones y costo de mano de obra. Véase Apéndice C para mayor detalle.

Grafico 9: Precio de la vivienda, depósitos, préstamos hipotecarios y al comercio.

Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de la página web del BCC. LV_Real_sa_hp= Colocaciones para viviendas, LC_Real_sa_HP=Colocaciones comerciales, D_Real_SA_HP= Depósitos; y V_HP_SA= Índice de precios de viviendas. Véase Apéndice C para mayor detalle.

Grafico 10: Evolución de la tasa de política monetaria, crecimiento del producto real y el crédito según IMF Country Report No. 13/199.

APENDICE C. Datos.

Todos los datos que se detallan a continuación los encontramos en la página del Banco Central de Chile sección Base de datos estadísticos.

Consumo real: Consumo de hogares e IPSFL, volumen a precios del año anterior, encadenado, series empalmadas, desestacionalizado, referencia 2008 (millones de pesos encadenados).

Precio real de las viviendas: Índice real del precio de viviendas (IRPV).

Tasa de interés nominal: Tasa de Política Monetaria (promedio simple) y anualizada, y utilizada como referencia de política monetaria.

Tasa de interés nominal para préstamos a familias: Tasa de interés al Consumo total, anualizada.

Tasa de interés nominal a depósitos: Tasas de captación promedio del sistema financiero, nominales, anualizada.

Préstamos a las familias: Colocaciones por tipo de deudor, balances individuales, saldos (miles de millones de pesos) dentro del rubro viviendas, deflactado y desestacionalizado.

Préstamos a las empresas: Colocaciones por tipo de deudor, balances individuales, saldos (miles de millones de pesos) dentro del rubro comerciales, deflactado y desestacionalizado.

Depósitos: Depósitos en moneda nacional, saldos (miles de millones de pesos), ahorro a plazo, deflactado y desestacionalizado.

Salarios: Índice general de remuneraciones y costo de la mano de obra, variación mismo período año anterior, desestacionalizada.

Inflación: Diferencia logarítmica entre el IPC trimestral y medidas subyacentes (índice diciembre 2008=100) empalmado con el IPC serie histórica empalmada (base 2013=100), y luego desestacionalizado.

Producto Interno Bruto: Volumen a precios del año anterior encadenado, series empalmadas, desestacionalizado, referencia 2008 (millones de pesos encadenados).

Apéndice D. Condiciones de primer orden y equilibrio.

Consumo familias pacientes: Determinación óptima en la trayectoria de consumo, considerando el costo de oportunidad en la decisión.

$$(1 - \alpha^P)\beta_t^P(c_t^P(i) - \alpha^P c_{t-1}^P) = \lambda^P$$

Consumo familias impacientes: Determinación óptima en la trayectoria de consumo, considerando el costo de oportunidad en la decisión.

$$(1 - \alpha^I)\beta_t^I(c_t^I(i) - \alpha^I c_{t-1}^I) = \lambda^I$$

Consumo de empresas: Determinación óptima en la trayectoria de consumo, considerando el costo de oportunidad en la decisión.

$$(1 - \alpha^E)\beta_t^E(c_t^E(i) - \alpha^E c_{t-1}^E) = \lambda^E$$

Capital: Determinación óptima del costo de oportunidad en la utilización de capital.

$$s^E m_t^E q_{t+1}^k \pi_{t+1} q_t^k (1 - d) + \beta_E^t \lambda_{t+1}^E (q_{t+1}^k (1 - d) + r_{t+1}^{bE}) u_{t+1} - (\varphi_1 (\epsilon_1 - 1)) + \left(\frac{\epsilon_2}{2} (u_{t+1} - 1)\right) = \lambda^E q_t^k - (\varphi_1 (\epsilon_1 - 1)) + \left(\frac{\epsilon_2}{2} (u_{t+1} - 1)\right) = \lambda^E q_t^k$$

Trabajadores pacientes: Determinación óptima del salario para las familias pacientes.

$$W_p = \varpi (1 - \alpha) y_t^E / (l_p x_t)$$

Trabajadores impacientes: Determinación óptima del salario para las familias impacientes.

$$W_I = (1 - \varpi) (1 - \alpha) y_t^E / (l_i x_t)$$

Demanda de préstamos: Costo de oportunidad real de tomar préstamos por parte de las empresas, que depende de su factor de descuento (impaciencia) y las tasas que les aplica.

$$\lambda^E - s^E (1 + r_t^E) = \beta_E^t \lambda_{t+1}^E \left(\frac{r_t^E}{\pi_{t+1}}\right)$$

Ratio de utilización de capital: Este se encuentra implícito en el costo de utilización/ determinación del capital (restricción presupuestaria), tal que la tasa de interés refleja el costo de oportunidad real.

$$r_t^k = \epsilon_1 + \epsilon_2 (u_t - 1)$$

Banco mayorista: Determinación del *spread* de equilibrio sujeto a los costos cuadráticos en base a la exposición de riesgo de crédito.

$$R_t^b = -\kappa_{kb} \left(\frac{K_t^B}{B_t} \right)^2 \left(\frac{K_t^B}{B_t} - v^b \right) + r_t$$

Branch minorista de depósitos: Determinación de la tasas de depósitos por parte de los bancos considerando la trayectoria esperada de las tasa de la regla de política monetaria, en cuanto que su velocidad de ajuste depende en forma negativa a κ_d - costo de ajuste- y en forma positiva el mayor grado de competencia en el mercado.

$$1 - \varepsilon_t^d - \varepsilon_t^d \frac{r_t}{r_t^d} - \kappa_d \left(\frac{r_t^d}{r_{t-1}^d} - 1 \right) \frac{r_t^d}{r_{t-1}^d} + \beta_p E_t \left\{ \frac{\lambda_{1+t}^P}{\lambda_t^P} \kappa_d \left(\frac{r_{t+1}^d}{r_t^d} - 1 \right) \left(\frac{r_{t+1}^d}{r_t^d} \right)^2 \frac{d_{t+1}}{d_t} \right\} = 0$$

Branch minorista de préstamos consolidado (empresas y familias impacientes): Determinación de la tasas de préstamos por parte de los bancos considerando la trayectoria de las tasas que cobra la línea mayorista, la cual implica el costo de oportunidad y depende a su vez de la regla de política monetaria y la exposición al riesgo.

$$1 - \varepsilon_t^{bs} + \varepsilon_t^{bs} \frac{R_t^b}{r_t^b} - \kappa_{bs} \left(\frac{r_t^{bs}}{r_{t-1}^{bs}} - 1 \right) \frac{r_t^{bs}}{r_{t-1}^{bs}} + \beta_p E_t \left\{ \frac{\lambda_{1+t}^P}{\lambda_t^P} \kappa_{bs} \left(\frac{r_{t+1}^{bs}}{r_t^{bs}} - 1 \right) \left(\frac{r_{t+1}^{bs}}{r_t^{bs}} \right)^2 \frac{b_{t+1}^E}{b_t^E} \right\} = 0$$

Determinación del equilibrio equilibrio

$$C_t = \gamma^P c_t^P + \gamma^I c_t^I + \gamma^E c_t^E$$

$$B^H = \gamma^b b_t^H$$

$$B^E = \gamma^b b_t^E$$

$$B = B^E + B^H$$

$$D = \gamma^p d_t^P$$

$$Y_t = \gamma^E y_t^E$$

$$J_t^B = \gamma^b j^b$$

$$\gamma^E l_t^{pd} = \gamma^p l_t$$

$$\gamma^E l_t^{pi} = \gamma^I l_t$$

$$h_t = \gamma^p h_t^P + \gamma^I h_t^I$$

$$K_t = \gamma^E k_t^E$$

$$\begin{aligned}
 Y_t = & C_t + q_t^k k_t (1 - d) k_{t-1} + d^{kb} k_{t-1}^b + (\epsilon_1 (u - 1) + \frac{\epsilon_2}{2} ((u - 1))^2 \\
 & + \frac{\kappa^p}{2} ((\pi_t - \pi_{t-1})^\varpi \pi^{1-\varpi})^2 Y_t + \frac{\kappa^d}{2} \left(\frac{r_{t-1}^d}{r_{t-2}^d} \right)^2 \frac{r_{t-1}^d}{d_t} + \frac{\kappa^{be}}{2} \left(\frac{r_{t-1}^{be}}{r_{t-2}^{be}} \right) \frac{r_{t-1}^{be}}{b_{t-1}^e} \\
 & + \frac{\kappa^{bh}}{2} \left(\frac{r_{t-1}^{bh}}{r_{t-2}^{bh}} \right) \frac{r_{t-1}^{bh}}{b_{t-1}^h} \\
 W_t = & \frac{(W_t^P + W_t^I)}{(W_{t-1}^P + W_{t-1}^I)} \pi_t
 \end{aligned}$$

Apéndice E. Representación del modelo.

