



REPORTE DE ESTABILIDAD FINANCIERA

Marzo de 2009

Una aproximación para analizar la estabilidad
financiera por medio de un DSGE

David Pérez Reyna

Una aproximación para analizar la estabilidad financiera por medio de un modelo DSGE*

David Pérez Reyna **

Mayo 2009

Resumen

En este trabajo se presenta un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para analizar la estabilidad financiera de una economía cerrada y sin gobierno. El modelo se basa en el propuesto por Leao y Leao (2007), adicionando un incumplimiento endógeno del pago de la deuda por parte de los hogares y un requerimiento de provisiones para los bancos. Así se permite analizar el impacto que tienen cambios en algunas medidas de política monetaria y regulatorias sobre la estabilidad financiera. Los resultados sugieren que una política monetaria contraccionista puede tener implicaciones positivas en términos de estabilidad financiera.

Clasificación JEL: D58, E52, E58, G21, G28

Palabras clave: modelo DSGE, estabilidad financiera, política monetaria, regulación, sistema financiero colombiano

*Se agradecen los comentarios de Dairo Estrada, Agustín Saade, Angela González y Mónica Vargas, además de las valiosas discusiones hechas al interior del Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República. Las opiniones expresadas en este trabajo no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva y son responsabilidad exclusiva del autor.

**Profesional del Departamento de Estabilidad Financiera, Banco de la República. e-mail: dpererei@banrep.gov.co.

1. Introducción

Eventos de inestabilidad financiera pueden tener como consecuencia fluctuaciones importantes en variables macroeconómicas. En los dos años más recientes, estos eventos fueron una de las principales causas del comportamiento negativo en el crecimiento económico mundial. Para tener un mejor diagnóstico sobre la ocurrencia de estos eventos, cobra especial relevancia entender qué causa inestabilidad financiera y cómo la estabilidad en los mercados financieros puede verse afectada ante cambios las medidas de política vigentes.

Según Haugland y Vikøren (2006), el objetivo de los bancos centrales es velar por la estabilidad económica, usualmente a través del mantenimiento de la estabilidad de precios y de la estabilidad financiera. Asimismo mencionan que la estabilidad de precios y la estabilidad financiera se complementan, y por eso la ausencia de la última puede afectar el cumplimiento de los objetivos de un banco central. Por esta razón el número de bancos centrales que ha incluido entre sus prioridades explícitas monitorear y mantener la estabilidad financiera ha aumentado. Según Čihák (2006), en 2005 cerca de 50 bancos centrales publicaban reportes de estabilidad financiera. Esta cifra ha aumentado casi sin interrupción desde 1995, cuando solamente dos bancos centrales elaboraban dichos reportes.

A diferencia de lo que ocurre al analizar la estabilidad de precios, en el caso de la estabilidad financiera no hay un consenso sobre la definición a seguir. En Goodhart et al (2006a) concluyen que la inestabilidad financiera está caracterizada por bajos beneficios de los bancos y aumento en el incumplimiento del pago de las obligaciones por parte de los agentes. Esta definición cumple con las características enunciadas en Allen y Wood (2006) y en Bårdsen et al (2006) que, según los autores de esos trabajos, son deseables al plantear una definición de estabilidad financiera¹. De esta manera, cuando a lo largo de este trabajo se mencione estabilidad financiera, se va a referir a la ausencia de las condiciones para que haya inestabilidad financiera según Goodhart et al (2006a).

Como es mencionado por estos autores, es importante notar que es necesario tener desme-

¹En Allen y Wood (2006) argumentan que una definición de estabilidad financiera debe estar relacionada con bienestar, debe ser un estado observable y debe estar sujeta a control o influencia de las autoridades, entre otras características. Los autores concluyen que la mejor aproximación a esto es por medio de la definición de características de un evento de inestabilidad financiera. En Bårdsen et al (2006) se lleva a cabo una discusión sobre varias definiciones de estabilidad financiera. Luego evalúan la utilidad de algunos modelos macroeconómicos cuyo objetivo es analizarla. Las características deseables de la definición de estabilidad financiera y del modelo usado para analizarla no están muy distantes de los acá mencionados.

joras en las mediciones de ambos indicadores (beneficios de bancos e incumplimiento en el pago de las obligaciones) para caracterizar un periodo de tiempo de inestabilidad financiera. Un incremento en el incumplimiento de los agentes sin caídas en los beneficios de los bancos puede estar indicando una materialización del riesgo de crédito asumido en periodos de baja aversión al riesgo. Por otro lado, bajas rentabilidades de los bancos con niveles estables de cumplimiento de las obligaciones financieras pueden ser indicadores de desaceleración económica. En ambos casos puede no presentarse inestabilidad financiera.

En la literatura se ha buscado entender el impacto que tienen diferentes variables sobre la estabilidad financiera. Akram y Eitrheim (2006) estudian si un banco central puede promoverla a través de la estabilización de la inflación y el producto utilizando un modelo econométrico y aplicándolo a Noruega. Para esto suponen diferentes indicadores para medir la estabilidad financiera, entre los cuales se consideran la volatilidad en los precios de algunos activos y la carga financiera de los hogares. Se concluye que la estabilización de la producción tiene consecuencias positivas sobre la estabilidad financiera; sin embargo, el impacto de una menor volatilidad en el precio de la vivienda, de las acciones o del crecimiento en el crédito sobre ésta depende de la métrica usada.

Akram et al (2007) siguen un camino similar. Los autores modelan una regla de Taylor extendida, por medio de la cuál se determina la tasa de interés de política, dependiendo de las desviaciones en el producto y en la inflación, como en una regla de Taylor usual, y de dos indicadores cuyos cambios pueden indicar vulnerabilidad financiera. Los indicadores usados son la carga financiera de los hogares y una tasa de bancarrota de las firmas. Los resultados sugieren que puede haber contradicciones en la búsqueda de estabilidad de precios y de estabilidad financiera, pero dependen del plazo con el que se juzgan las medidas adoptadas.

Para Colombia, Vargas et al (2006) concluyen que una política monetaria contraccionista, adoptada por medio de alzas en la tasa de interés de política con el fin de controlar la estabilidad de precios, puede tener efectos nocivos sobre los portafolios de las instituciones financieras. En este sentido, a causa de la materialización del riesgo de mercado, un alza en la tasa de intervención puede afectar la estabilidad financiera cuando los intermediarios financieros de Colombia tienen un portafolio de inversión que representa un porcentaje significativo de sus activos y que está concentrado en bonos emitidos por el gobierno de este país.

Por otro lado, entre los trabajos en el área de macroeconomía aplicada, y en particular en los bancos centrales, los modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos (modelos

DSGE, por su sigla en inglés) han cobrado protagonismo². El aumento en la popularidad de este tipo de modelos sobre otros se debe a que permiten fundamentar microeconómicamente los comportamientos de los diferentes agentes en la economía, al igual que las relaciones entre ellos. Esto permite a los investigadores entender la respuesta que tienen choques exógenos sobre las variables relevantes de análisis y, de esta forma, se pueden hacer recomendaciones de política basadas en principios microeconómicos. No obstante, como se menciona en Tovar (2008), los modelos DSGE aún presentan limitaciones, en particular al modelar ciertos mecanismos de transmisión y al contrastarlos empíricamente.

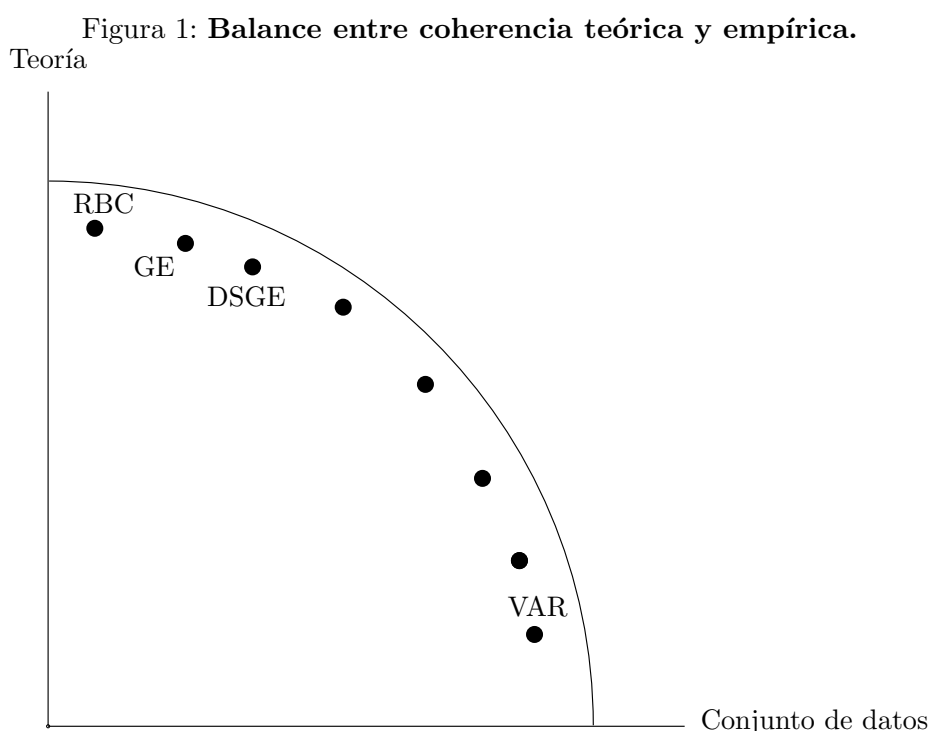


Figura basada en Pagan (2003).

Sin embargo, como es mencionado en Pagan (2003), existe un balance en los modelos entre coherencia teórica y coherencia empírica (Ver figura 1). Comparados con otra clase de modelos, los DSGE estarían más cerca de modelar relaciones teóricas entre las variables relevantes que los modelos VAR, aunque, por eso mismo, podrían presentar mayores desventajas al contrastarse con la información disponible.

²Entre los modelos DSGE desarrollados o en desarrollo por bancos centrales en los últimos años se encuentra ToTEM (Banco de Canadá), BEQM (Banco de Inglaterra), MAS (Banco Central de Chile), MEGA-D (Banco Central de Reserva del Perú), NAWN (Banco Central Europeo), NEMO (Norges Bank), RAMSES (Sveriges Riksbank), SIGMA (Reserva Federal de Estados Unidos) y PATACON (Banco de la República de Colombia).

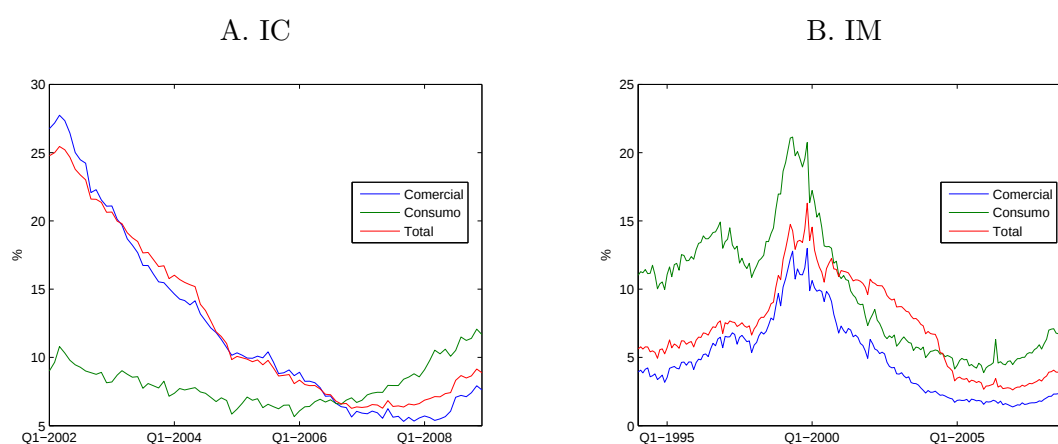
La literatura sobre modelos DSGE aplicados al análisis de la estabilidad financiera no es muy extensa. Aun sin ser dinámico y estocástico, Goodhart et al (2006b) proponen un modelo de equilibrio general para analizar la fragilidad financiera, usando formas reducidas para modelar el comportamiento de agentes distintos a los bancos, mientras que estos resuelven un problema de optimización a un periodo. A pesar de esto, el porcentaje de la deuda que los bancos cancelan a sus acreedores en el mercado interbancario, al igual que el que los hogares pagan a los bancos por los créditos otorgados son características endógenas del modelo. Para estudiar la vulnerabilidad financiera los autores se basan en el comportamiento de estos indicadores y de los beneficios de los bancos. En Saade et al (2007) se aplicó este a Colombia y los parámetros se calibraron de tal manera que las variables de estudio pudieran ser replicadas en el corto plazo de manera satisfactoria. No obstante, debido a las limitaciones del modelo original, hay comportamientos entre los agentes que no están fundamentados microeconómicamente y por lo tanto hay preguntas sobre estabilidad financiera que no pueden ser resueltas.

Por otro lado, Leao y Leao (2007) plantean un modelo DSGE que incorpora política monetaria a un modelo de ciclos reales (RBC, por sus siglas en inglés), por medio de un banco central que otorga liquidez a los bancos comerciales. Además de analizar el efecto que tienen choques tecnológicos en las funciones de producción del bien de la economía y de los créditos, los autores observan la respuesta de variables macroeconómicas al presentarse cambios en la liquidez otorgada por el banco central y en los requerimientos de reservas, por medio del canal de crédito. Los parámetros de este modelo fueron calibrados para replicar características observadas en Estados Unidos. Este modelo es aplicado por Pérez Reyna et al (2008) para el caso colombiano. Los autores calculan un indicador de carga financiera de los hogares y concluyen que medidas de política monetaria contraccionista, como una disminución en la liquidez que el banco central otorga a los bancos comerciales o un aumento en el requerimiento de encaje, pueden tener efectos adversos sobre la estabilidad financiera. Finalmente en de Walque et al (2008) se desarrolla un DSGE en el que se introduce un incumplimiento de las obligaciones financieras de los bancos y las firmas, que es endógeno para cada agente. Los autores demuestran que inyecciones de liquidez reducen la fragilidad financiera en un model cuyo objetivo es entender la importancia de las autoridades monetarias y supervisoras al restablecer la estabilidad en los mercados financieros.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un modelo DSGE que permita entender el impacto de medidas de política sobre la estabilidad financiera de Colombia, por medio de la cartera de créditos de consumo. El modelo propuesto está basado en el de Leao y Leao (2007), incorporando una decisión endógena de los hogares de pagar solamente

un porcentaje de la deuda en la que incurren y un requerimiento de provisiones para los bancos. El modelo planteado es suficientemente flexible para analizar el impacto sobre la estabilidad financiera ante cambios en algunas medidas de política monetaria (tasa de intervención y encaje bancario), al igual que en otros aspectos regulatorios, como el coeficiente de provisiones para los bancos y el castigo que enfrentan los hogares al dejar de pagar un porcentaje de la deuda.

Figura 2: Indicador de calidad de cartera (IC) y de mora (IM)



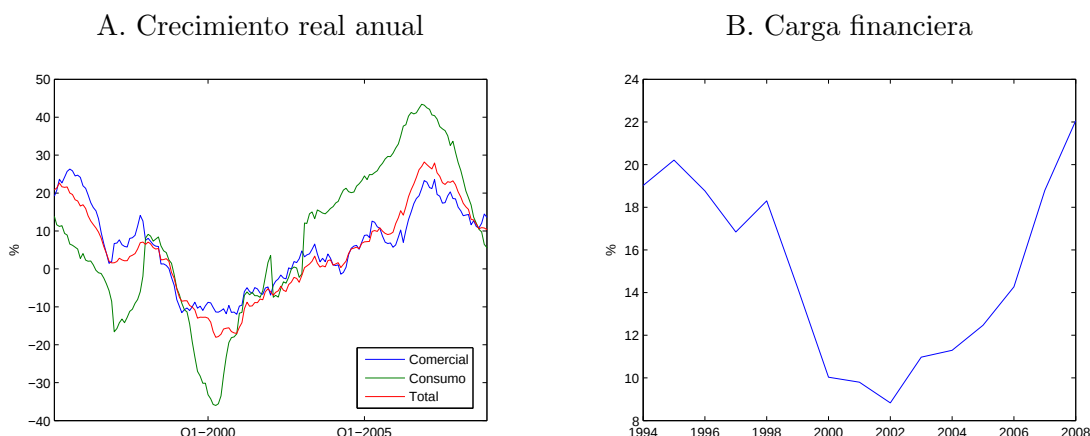
Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Cálculos del Banco de la República.

A diferencia del modelo planteado en de Walque et al (2008), en este trabajo se estudia la estabilidad financiera a partir del comportamiento en el pago de créditos de consumo. El comportamiento de la cartera de consumo en los años más recientes tuvo características que lo diferenciaron del de las otras carteras: un mayor nivel de riesgo y una tasa de crecimiento más alta. Con respecto a la primera, mientras los créditos interbancarios y los otorgados al sector comercial deben contar con un colateral, para los de consumo no aplica este requerimiento, lo que causa un mayor riesgo. Esto se observa al medir el riesgo de crédito por medio del indicador de calidad de cartera (IC): desde 2007 este indicador ha presentado un deterioro mayor en Colombia para la cartera de consumo que para las otras carteras³. Como muestra la figura 2, panel A, a diciembre de 2008 el IC de la cartera de consumo alcanzó 11,7 %, mientras que el de la cartera comercial fue de 7,6 % y el del promedio de todas las carteras 8,9 %. Adicionalmente, la cartera de consumo también ha presentado un indicador de mora superior al promedio, indicando no sólo

³El IC se calcula como la razón entre la cartera riesgosa y la cartera bruta. Dentro de la cartera riesgosa se consideran los créditos con calificación inferior a A.

un mayor riesgo de crédito, sino una mayor materialización del mismo⁴. En diciembre de 2008 el IM de esta cartera era de 7,2 %, comparado con 2,4 % y 4,1 % de la cartera comercial y del total de las carteras, respectivamente. (Ver figura 2, panel B).

Figura 3: Tasa de crecimiento y carga financiera



Fuentes: DANE y Superintendencia Financiera de Colombia. Cálculos del Banco de la República.

Por otro lado, desde enero de 2003 hasta el final del primer semestre de 2008 la tasa de crecimiento real anual de la cartera de consumo fue superior tanto al de la cartera comercial, como al del promedio de todos los créditos. Más aun, durante el segundo semestre de 2006 la cartera de consumo crecía a una tasa por encima del 40 % real anual, lo que implica un aumento mayor al 50 % en términos nominales, como se observa en la figura 3, panel A. El alza en esta cartera no fue compensando de la misma manera por un incremento en los ingresos de los hogares, causando que la carga financiera de éstos por concepto de los créditos de consumo presentara una senda creciente ininterrumpida desde 2002⁵. (Ver figura 3, panel B).

El crecimiento de la cartera de consumo por encima del de las demás carteras durante un periodo importante de la década vigente causó que a diciembre de 2008 esta cartera representara más del 27 % del total. Esto implica que un porcentaje importante del

⁴El IM se define como la razón entre cartera vencida y cartera total. La cartera vencida está compuesta por los créditos con un incumplimiento mayor a 30 días.

⁵El indicador de carga financiera de la cartera de consumo es definido en el *Reporte de Estabilidad Financiera* publicado por el Banco de la República en marzo de 2009 como “el pago por intereses (sin corrección monetaria) y amortizaciones de capital asociados con la cartera de consumo (...), divididos por la remuneración recibida por los asalariados. La remuneración para 2006, 2007 y 2008 se proyectó utilizando los crecimientos del índice de salario real de la industria manufacturera” (pg 63).

portafolio de créditos del sistema financiero es considerablemente más riesgoso que el promedio. Por tal razón cobra especial relevancia entender las implicaciones que tienen medidas de política sobre el comportamiento en el pago de estos créditos, y cómo esto afecta a la estabilidad financiera.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se describen las principales características del modelo. En la sección 3 se explica brevemente cómo se determina la solución del modelo y se muestran las estrategias de calibración seguidas para replicar características importantes de la economía colombiana. En la sección 4 se analiza el impacto de un aumento en la liquidez suministrada por el banco central y de una disminución en el encaje requerido sobre la estabilidad financiera. Finalmente en la sección 5 se concluye.

2. El modelo

2.1. Esquema de interacciones

En este trabajo se considera una economía cerrada y sin gobierno. La economía tiene F firmas homogéneas que producen un único bien que es usado para consumo o para inversión. Para producirlo, las firmas contratan trabajadores y hacen inversión en capital físico. Por otro lado, hay L bancos homogéneos que producen crédito, que también contratan trabajadores y hacen inversión en capital físico. Las F firmas y los L bancos pertenecen a H hogares homogéneos y por lo tanto los beneficios obtenidos por las firmas y los bancos son distribuidos a los hogares al final de cada periodo. Se considera la existencia de un banco central que suministra liquidez a los bancos al comienzo de cada periodo.

En este modelo los hogares necesitan tener acceso a créditos pues su consumo ocurre antes de recibir sus ingresos. En este sentido, el crédito considerado es de consumo y no necesita colateral. Adicionalmente, este crédito solamente afecta a las firmas a través de cambios en la demanda por consumo del bien producido. Por su parte, tanto las firmas como los bancos llevan a cabo su proceso de producción (del bien y de créditos respectivamente) y pagan por los insumos de producción (trabajo y capital). Finalmente, los hogares, los bancos y las firmas son tomadores de precios, lo que implica que cada mercado tiene una estructura de competencia perfecta.

El modelo considerado tiene infinitos periodos discretos. Para entender los flujos de

dinero en esta economía, a continuación se explican las transferencias que ocurren en cada periodo. Los bancos comerciales en el modelo tienen dos fuentes de liquidez: la otorgada por el banco central y los depósitos de los hogares. Al comienzo de cada periodo el banco central pone a circular dinero, trasladándolo a los bancos comerciales de manera que estos puedan otorgar crédito a los hogares. Una vez los bancos prestan el dinero a los hogares, estos dejan una parte como depósitos y el resto lo convierten en efectivo. Como en este modelo no hay mercado de depósitos, estos no tienen remuneración y el porcentaje del préstamo otorgado que se deja en esta forma es una decisión exógena. La razón para la existencia de los depósitos es permitir el análisis del impacto de un cambio en el requerimiento de encaje, como se verá en la sección 4. Después los hogares usan el crédito otorgado por los bancos para consumir lo producido por las firmas. (Figura 4).

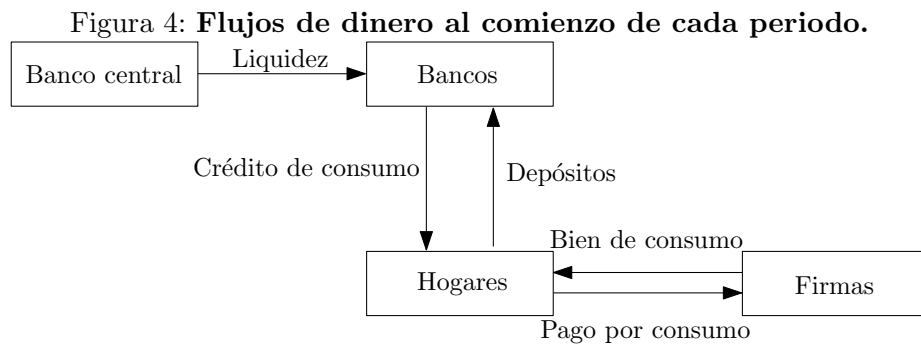


Figura basada en Leao y Leao (2007).

Las firmas luego devuelven el dinero a los hogares en forma de salarios (flujo denotado por 1 en la figura 5). Los hogares a su vez usan este dinero para pagar los intereses causados por la deuda adquirida con los bancos (flujo 2). Los bancos tienen tres usos para este dinero (flujos 3):

- (a) Pagar intereses por la deuda contraída con el banco central, que son trasladados por éste a los hogares a través de una transferencia de suma fija (flujo 4 a)⁶.
- (b) Pagar a las firmas por el bien usado en inversión para capital bancario. Este pago es transferido a los hogares en forma de dividendos (flujo 4 b).
- (c) Pagar salarios y dividendos a los hogares.

⁶En una economía como la colombiana el banco central transfiere sus utilidades de cada periodo al gobierno, que las transfiere a los hogares por medio de diferentes políticas. Debido a la ausencia de un gobierno en este modelo, la transferencia de suma fija, que se describe en la ecuación (3), puede entenderse como una transferencia directa de las utilidades del banco central a los hogares.

Figura 5: **Flujos de dinero al final de cada periodo.**

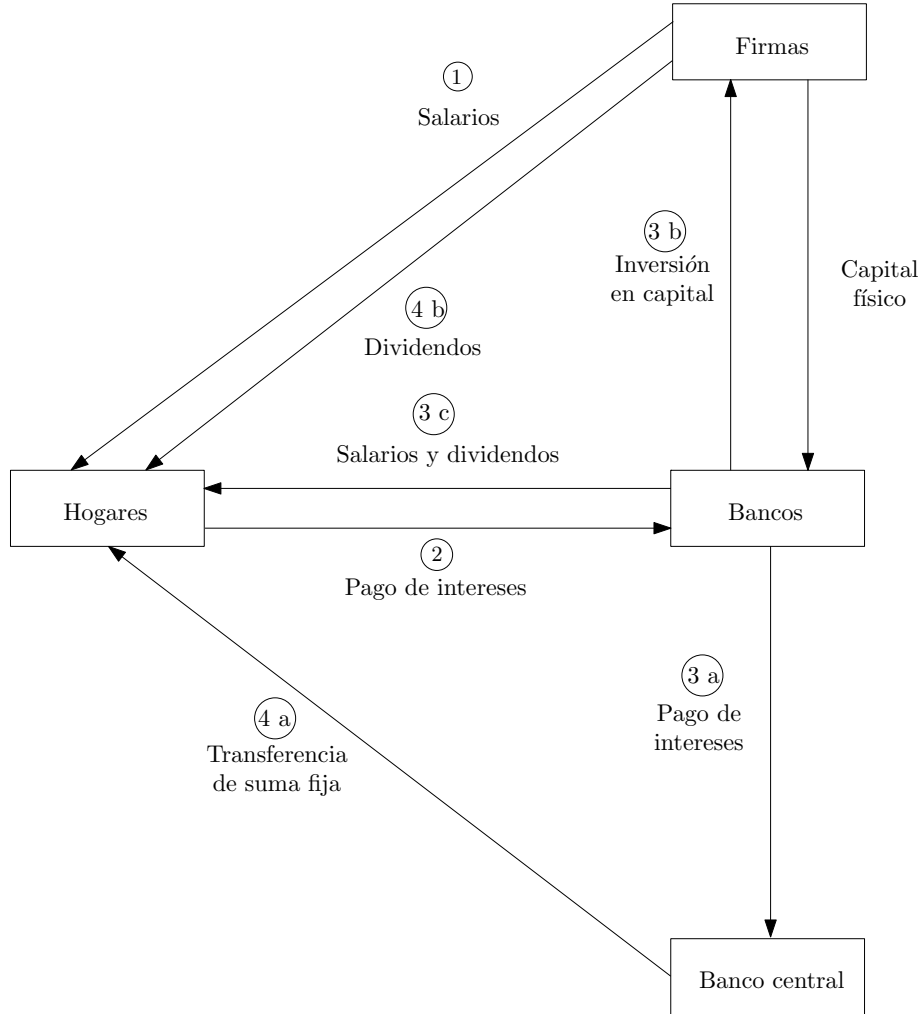


Figura basada en Leao y Leao (2007).

En este punto los hogares deciden endógenamente el porcentaje de la deuda vigente que cancelan, dependiendo del crédito ofrecido, de la tasa de interés y del castigo que deben pagar en el periodo siguiente sobre el porcentaje que dejaron de cancelar; para esto usan los ingresos que recibieron de los bancos comerciales, las firmas y el banco central. Después, los bancos pagan la deuda contraída con el banco central al finalizar el periodo. De esta forma, al comienzo del periodo siguiente, el banco central debe volver a poner a circular dinero, y el esquema de interacciones ya descrito se repite. (Figura 6).

Figura 6: **Pago de obligaciones financieras de los agentes.**

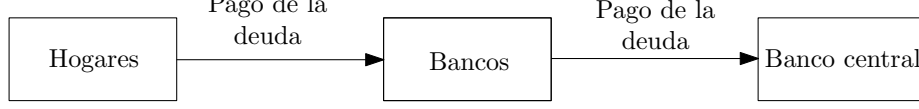


Figura basada en Leao y Leao (2007).

2.2. Hogar representativo

Cada uno de los H hogares representativos maximiza la siguiente función de utilidad en cada t :

$$u(c_t, 1 - n_t^s) = \log c_t + \phi \log(1 - n_t^s), \quad (1)$$

donde c_t representa el consumo en t , n_t^s es el porcentaje de horas dedicadas al trabajo y ϕ es un parámetro positivo que indica la ponderación de ocio en la función de utilidad debido a que la fracción de horas que no está dedicada a trabajar se usa en ocio. Cada hogar optimiza su utilidad al comienzo de t , teniendo en cuenta los ingresos y egresos que percibe al final de $t - 1$ y al comienzo de t .

Cada hogar tiene tres fuentes de ingreso al final de $t - 1$. La primera de éstas es salarios

$$P_{t-1} w_{t-1} n_{t-1}^s, \quad (2)$$

donde w_t representa el salario real en t y P_t el precio del bien, que es el numerario de la economía. La segunda fuente es una transferencia de suma fija por parte del banco central a los hogares que consiste en los intereses pagados por los bancos comerciales al banco central, por concepto de la demanda de liquidez al comenzar $t - 1$, y es repartida equitativamente entre los hogares:

$$\frac{L}{H} R_{t-1}^{\text{repo}} [\theta + r_{t-1}^{\text{req}}(1 - \theta)] P_{t-1} b_{t-1}^s. \quad (3)$$

Como es mencionado en la sección anterior, del crédito producido por los bancos en t , denotado por $P_t b_t^s$, el hogar representativo deja un porcentaje en forma de depósitos. En la ecuación (3) θ es el porcentaje del crédito ofrecido por los bancos que el hogar convierte en efectivo y $1 - \theta$ es el porcentaje de la oferta de crédito que se deja en

forma de depósitos en los bancos. Sobre estos depósitos los bancos deben cumplir con un requerimiento de reservas r_t^{req} . Por otro lado L es el número de bancos homogéneos en la economía y R_t^{repo} es la tasa de intervención de política decidida por el banco central. Esta ecuación se explicará con mayor detalle en la sección 2.3.

Finalmente, cada hogar recibe pagos por concepto de dividendos de las firmas y de los bancos:

$$\sum_{f=1}^F z_{t,f} P_{t-1} \pi_{t-1,f} + \sum_{l=1}^L z_{t,l}^b P_{t-1} \pi_{t-1,l}^b, \quad (4)$$

donde $z_{t,f}$ y $z_{t,l}^b$ son las participaciones del hogar representativo en cada firma y banco; y $\pi_{t,f}$ y $\pi_{t,l}^b$ son los beneficios en términos reales de cada firma y cada banco, respectivamente.

Al comienzo de $t-1$ el hogar incurre en una deuda con el banco igual a $P_{t-1} b_{t-1}$. Como R_t es la tasa de interés que los bancos cobran al final de cada periodo por cada peso prestado al comienzo del mismo, al finalizar $t-1$ los hogares deben cancelar $P_{t-1} b_{t-1} (1 + R_{t-1})$. Sin embargo, cada hogar escoge endógenamente el porcentaje ν_t , $\nu_t \in [0, 1]$, que desea cancelar y paga

$$P_{t-1} b_{t-1} (1 + R_{t-1}) \nu_t. \quad (5)$$

Los bancos no pueden monitorear a los hogares y por esta razón no castigan la adquisición de nuevos créditos; no obstante, como el hogar dejó de cancelar un porcentaje $(1 - \nu_t)$ de la deuda al final de $t-1$, los hogares deben pagar un castigo al comienzo de t^7 :

$$\frac{\varrho_t}{2} (1 - \nu_t)^2, \quad (6)$$

donde ϱ_t es una variable exógena de escala del castigo. Luego el hogar contrae una nueva deuda con los bancos:

$$P_t b_t \quad (7)$$

⁷La forma funcional de este castigo está basado en el impuesto a los agentes que incumplen con sus obligaciones financieras en de Walque et al (2008).

y define la nueva participación en cada firma y cada banco. Si $q_{t,f}$ y $q_{t,l}^b$ son el precio en t en términos reales de las acciones de cada firma y de cada banco respectivamente, al empezar el periodo t el hogar vende las participaciones y recibe

$$\sum_{f=1}^F z_{t,f} P_t q_{t,f} + \sum_{l=1}^L z_{t,l}^b P_t q_{t,l}^b. \quad (8)$$

Inmediatamente después adquiere nuevas participaciones:

$$\sum_{f=1}^F z_{t+1,f} P_t q_{t,f} + \sum_{l=1}^L z_{t+1,l}^b P_t q_{t,l}^b. \quad (9)$$

Luego el hogar debe pagar por concepto de consumo una cantidad igual a

$$P_t c_t. \quad (10)$$

Si se define inflación como

$$\tilde{p}_{t+1} = \frac{P_{t+1}}{P_t} - 1, \quad (11)$$

al comenzar t el ingreso I_t del hogar en términos reales está dado por

$$\begin{aligned} I_t = & \frac{w_{t-1}}{1 + \tilde{p}_t} n_{t-1}^s + \frac{L}{H} R_{t-1}^{\text{repo}} [\theta + r_{t-1}^{\text{req}} (1 - \theta)] \frac{b_{t-1}^s}{1 + \tilde{p}_t} + \sum_{f=1}^F z_{t,f} \frac{\pi_{t-1,f}}{1 + \tilde{p}_t} \\ & + \sum_{l=1}^L z_{t,l}^b \frac{\pi_{t-1,l}^b}{1 + \tilde{p}_t} + b_t + \sum_{f=1}^F z_{t,f} q_{t,f} + \sum_{l=1}^L z_{t,l}^b q_{t,l}^b; \end{aligned} \quad (12)$$

y sus egresos E_t por

$$E_t = \nu_t (1 + R_{t-1}) \frac{b_{t-1}}{1 + \tilde{p}_t} + \frac{\varrho_t}{2} (1 - \nu_t)^2 + \sum_{f=1}^F z_{t+1,f} q_{t,f} + \sum_{l=1}^L z_{t+1,l}^b q_{t,l}^b + c_t. \quad (13)$$

Supónganse las siguientes condiciones iniciales:

$$\begin{aligned}
I_0 = & \frac{w_{-1}}{1 + \tilde{p}_0} n_{-1}^s + \frac{L}{H} R_{-1}^{\text{repo}} [\theta + r_{-1}^{\text{req}} (1 - \theta)] \frac{b_{-1}^s}{1 + \tilde{p}_0} \\
& + \sum_{f=1}^F z_{0,f} \frac{\pi_{-1,f}}{1 + \tilde{p}_0} + \sum_{l=1}^L z_{0,l}^b \frac{\pi_{-1,l}^b}{1 + \tilde{p}_0}
\end{aligned} \tag{14}$$

$$E_0 = (1 + R_{-1}) \frac{b_{-1}}{1 + \tilde{p}_0} \tag{15}$$

$$\begin{aligned}
z_{0,f} &= z_{1,f} = \frac{1}{H}, \quad f \in \{1, \dots, F\} \\
z_{0,l}^b &= z_{1,l}^b = \frac{1}{H}, \quad l \in \{1, \dots, L\}.
\end{aligned} \tag{16}$$

Las ecuaciones (14) a (16) están indicando que en el momento en el que se empieza a analizar la economía ($t = 0$), el hogar representativo usa los ingresos que obtuvo al final de $t = -1$ para cancelar completamente la deuda contraída al comenzar ese periodo (i. e. $\nu_0 = 1$). Adicionalmente, el hogar representativo tiene una participación igual en todas las firmas y los bancos y no lleva a cabo un rebalanceo de su portafolio en t .

De esta manera se tiene que el hogar representativo escoge en cada t el consumo (c_t), la fracción de horas dedicadas a trabajar (n_t^s), el crédito demandado (b_t), el porcentaje de la deuda cancelado (ν_t) y las participaciones óptimas en cada firma ($\{z_{t+1,f}\}_{f=1}^F$) y cada banco ($\{z_{t+1,l}^b\}_{l=1}^L$) de manera que maximice la suma de su utilidad esperada en cada periodo, descontada por un factor β , donde $0 < \beta < 1$. Es decir, el hogar representativo resuelve el siguiente problema:

$$\begin{aligned}
& \max_{\{c_t, n_t^s, b_t, \nu_t, z_{t+1,f}, z_{t+1,l}^b\}} E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t (\log c_t + \phi \log (1 - n_t^s)) \right] \\
& \text{s. t. } I_t = E_t, \quad t = 0, 1, 2, \dots \\
& z_{0,f} = z_{1,f} = \frac{1}{H}, \quad f \in \{1, \dots, F\} \\
& z_{0,l}^b = z_{1,l}^b = \frac{1}{H}, \quad l \in \{1, \dots, L\}.
\end{aligned} \tag{17}$$

2.3. Banco representativo

Cada uno de los L bancos homogéneos está modelado siguiendo el enfoque de producción, es decir, no se enfatiza en el papel que los bancos cumplen en la economía como intermediadores de recursos, sino en su función como creadores de crédito, en este caso de consumo. Estos agentes producen crédito usando la siguiente tecnología:

$$b_t^s = D_t \left(k_t^b \right)^{1-\gamma} \left(n_t^b \right)^\gamma, \quad (18)$$

donde D_t denota un parámetro tecnológico, k_t^b es el acervo de capital físico al comienzo de t y n_t^b es el porcentaje de horas de trabajo contratadas. Por su parte $\gamma \in (0, 1)$ denota la participación del trabajo en la función de producción de créditos.

Al empezar t , los bancos ofrecen crédito a los hogares $P_t b_t^s$; estos agentes a su vez dejan un porcentaje $1 - \theta$ del crédito en forma de depósitos. θ es un parámetro exógeno, debido a que en este modelo no hay mercado de depósitos. Adicionalmente los depósitos no son remunerados. Los bancos deben cumplir con un requerimiento de encaje r_t^{req} sobre los depósitos, que es determinado exógenamente. Debido a que en este modelo no hay un mercado interbancario, estas entidades deben demandar liquidez al banco central. Como se observa en el cuadro 1, los bancos solicitan

$$[\theta + r_t^{\text{req}}(1 - \theta)] P_t b_t^s, \quad (19)$$

al banco central de manera que sus activos y pasivos estén balanceados.

Cuadro 1: Balance del banco representativo en t

Activos	Pasivos y patrimonio
<u>Créditos:</u>	<u>Depósitos:</u>
$P_t b_t^s$	$(1 - \theta) P_t b_t^s$
<u>Requerimiento de reservas:</u>	<u>Deuda con el banco central:</u>
$r_t^{\text{req}}(1 - \theta) P_t b_t^s$	$[\theta + r_t^{\text{req}}(1 - \theta)] P_t b_t^s$
<u>Capital:</u>	Otros pasivos
$P_t k_t^b$	<u>Patrimonio:</u>
Otros activos	$P_t q_{t,l}^b$

Los bancos también deben cumplir con un requerimiento de provisiones, que consiste

en un porcentaje sobre la cartera que no es cancelada. De esta manera, al final de t los beneficios de los bancos se ven disminuidos en

$$(1 - \nu_{t+1})b_t^s \zeta_t, \quad (20)$$

donde ζ_t representa el porcentaje de la cartera vencida que se debe provisionar determinado exógenamente y ν_{t+1} es el porcentaje de su deuda que los hogares deciden cancelar al final de t . Por otro lado, el ingreso de los bancos depende de los pagos por concepto de intereses sobre la deuda cancelada de los hogares. De esta manera, ante un aumento en el incumplimiento en el pago de las obligaciones financieras, los beneficios de los bancos disminuyen al contar con menores ingresos y al tener que provisionar una cantidad más alta. Los bancos, por su parte, deben pagar intereses sobre la deuda contraída con el banco central y tienen egresos por concepto de pago de salarios e inversión en capital. De esta manera, los beneficios de los bancos están dados por:

$$P_t \pi_t^b = NI_t P_t b_t^s - P_t w_t n_t^b - P_t i_t^b, \quad (21)$$

donde

$$NI_t = R_t \nu_{t+1} - [\theta + r_t^{\text{req}}(1 - \theta)] R_t^{\text{repo}} - \zeta_t(1 - \nu_{t+1})$$

puede ser interpretado como el ingreso neto por concepto de intereses e i_t^b denota las decisiones de inversión en capital físico tomadas en t . Como los bancos son los dueños del capital físico que necesitan para producir créditos, incurren en costos por concepto de inversión para determinar el acervo de capital un periodo después. Se supone una dotación inicial positiva cuando empieza el análisis de la economía, $k_0^b > 0$. De esta forma el capital se acumula intertemporalmente de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$k_{t+1}^b = i_t^b + (1 - \delta_B)k_t^b \quad (22)$$

donde $\delta_B \in [0, 1]$ es el porcentaje en el que se deprecia el capital físico en cada periodo. Así, la función objetivo de los bancos está dada por el valor esperado de sus beneficios descontados:

$$\begin{aligned} \max_{\{n_t^b, x_{bt}\}} E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1+R_0)(1+R_1)\cdots(1+R_t)} P_t \pi_t^b \right] \\ \text{s. t. } k_{t+1}^b = i_t^b + (1-\delta_B)k_t^b \quad t = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (23)$$

2.4. Firma representativa

Cada una de las F firmas homogéneas produce el bien usando la siguiente tecnología:

$$y_t = A_t (k_t)^{1-\alpha} (n_t^d)^\alpha, \quad (24)$$

donde A_t denota un parámetro tecnológico, k_t es el acervo de capital físico al comienzo de t y n_t^d es el porcentaje de horas de trabajo contratadas. Por su parte $\alpha \in (0, 1)$ denota la participación del trabajo en la función de producción. De manera similar a los bancos, las firmas son dueñas del capital físico que necesitan para llevar a cabo su proceso de producción, e incurren en costos por concepto de inversión para determinar la dotación de capital en el periodo siguiente. Se supone una dotación inicial positiva cuando empieza el análisis de la economía, $k_0 > 0$. Por consiguiente los beneficios de las firmas están dados por

$$P_t \pi_t = P_t y_t - P_t w_t n_t^d - P_t i_t^f, \quad (25)$$

donde i_t^f denota las decisiones de inversión en capital físico llevadas a cabo en t . Además, el capital se acumula intertemporalmente de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$k_{t+1} = i_t^f + (1-\delta)k_t, \quad (26)$$

donde δ es el porcentaje en el que se deprecia el capital físico en cada periodo. Se tiene así que la función objetivo de las firmas es el valor presente de sus beneficios descontados:

$$\begin{aligned} \max_{\{n_t^d, x_{ft}\}} E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1+R_0)(1+R_1)\cdots(1+R_t)} P_t \pi_t \right] \\ \text{s. t. } k_{t+1} = i_t^f + (1-\delta)k_t \quad t = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (27)$$

3. Solución del modelo y calibración de sus parámetros

Para solucionar el modelo se utilizó el procedimiento explicado en Uhlig (1995). Como primera medida se determinaron las condiciones de primer orden de cada uno de los agentes, al igual que los equilibrios en los diferentes mercados (ver apéndices A y B, respectivamente). A partir de estas ecuaciones se puede encontrar un equilibrio para el modelo, definido en el apéndice C. Con el fin de analizar las funciones de impulso respuesta de las variables relevantes ante choques exógenos, luego se transformaron las ecuaciones del modelo, para poder construir las leyes de movimiento necesarias. Esto es, cada variable X_t se expresó de la forma

$$X_t = \bar{X} e^{\tilde{X}_t} \approx \bar{X} (1 + \tilde{X}_t), \quad (28)$$

donde $\tilde{X}_t$ denota la desviación porcentual de X_t con respecto a su valor en estado estacionario $\bar{X}$. Teniendo en cuenta la aproximación de Taylor de primer grado alrededor de 0 de la expresión en el medio de (28), se tiene la expresión de la derecha. Así, si se denota a x_t como el vector de variables de estado, a y_t como el vector de las otras variables endógenas (variables *jump*) y a z_t como el vector de variables exógenas, las ecuaciones del modelo se expresaron de la forma

$$\begin{aligned} x_t &= Px_{t-1} + Qz_t \\ y_t &= Rx_{t-1} + Sz_t, \end{aligned} \quad (29)$$

donde las matrices P , Q , R y S dependen de los valores en estado estacionario de las 30 variables y de los 7 parámetros del modelo $\{\alpha, \delta, \delta_B, \theta, \beta, \phi, \gamma\}$. A partir del sistema de ecuaciones (29) se construyeron las funciones de impulso respuesta de las variables del modelo ante choques exógenos. Por esta razón es importante determinar los valores adecuados en estado estacionario de las variables relevantes y de los parámetros, con el fin de que las funciones de impulso respuesta reflejen las condiciones observadas en Colombia. El ejercicio de calibración usado en este trabajo consistió en determinar el valor de los parámetros, de tal manera que se replicaran algunas características de la economía colombiana. En particular, se buscó que los primeros momentos de las variables relevantes en el modelo, es decir, su valor en estado estacionario, fueran similares a los observados.

3.1. Valores en estado estacionario de las variables relevantes

En el cuadro 2 se muestra el valor en estado estacionario de las variables relevantes del modelo.

Cuadro 2: Primeros momentos de variables relevantes

Variable	Valor en el modelo
R^{repo}	6,2 %
R	21,6 %
c/y	0,6
n^b	0,09 %
ν	98,5 %
r^{req}	6,1 %
ζ	0.5

El valor en estado estacionario de R^{repo} , que denota la tasa de interés que el banco central cobra a los bancos comerciales por la liquidez otorgada, corresponde a 6,2% anual. Por otro lado, en el modelo la variable R representa la tasa de interés que los bancos cobran en cada periodo por los créditos. No obstante, como en este modelo no hay remuneración por los depósitos, R se interpretó como un margen de intermediación. Es decir, si el modelo considerara remuneración por los depósitos, además del cobro de la tasa activa, los beneficios de los bancos en t en términos reales tendrían la siguiente forma funcional

$$\pi_t^b = R_t^a b_t^s - R_t^p d_t - \text{Otros costos}, \quad (30)$$

donde R_t^a es la tasa activa, R_t^p la tasa pasiva y d_t los depósitos en cada periodo de tiempo en términos reales. Teniendo en cuenta esto, para que las ecuaciones (21) y (30) sean equivalentes, se debe tener que:

$$R_t b_t^s = R_t^a b_t^s - R_t^p d_t. \quad (31)$$

La ecuación (31) implica que R_t puede interpretarse como un margen de intermediación, al ser la diferencia entre los ingresos por intereses cobrados a los créditos y los egresos por los intereses pagados por concepto de depósitos. Por esta razón, para calibrar el valor

de la variable se calcularon los ingresos trimestrales por concepto de cartera productiva de consumo y se le restaron los egresos trimestrales por depósitos, como porcentaje de los pasivos con costo para cada trimestre en el rango de datos considerado. Debido a que este margen equivaldría a una tasa en términos reales, se supuso una inflación de largo plazo igual a 3 % anual para convertir a R es una tasa nominal⁸. El valor de R en estado estacionario es cercano al margen trimestral promedio observado entre el primer trimestre de 1999 y el cuarto de 2008⁹.

La razón entre consumo y producto (c/y) en estado estacionario se calibró de manera que se asemejara a la que usaron Bonaldi et al (2009) como razón entre el consumo de los hogares y el PIB (64 %). Por otro lado, para determinar el porcentaje de horas laboradas en los bancos se supuso una semana laboral de 40 horas y se utilizó la información de empleo agregado por trimestres recopilada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) entre el primer trimestre de 2001 y el último de 2008. Para establecer qué fracción de esta cifra corresponde a n^b se usó la metodología establecida en Estrada et al (2008) para estimar el número de empleados bancarios al final de cada trimestre y se proyectó el número de empleados por medio de una estimación log-lineal de esta variable, explicada por los activos físicos del sistema. El valor que se muestra en el cuadro 2 es cercano al estimado usando dicha metodología (0,08 %).

El valor de ν usado en el modelo, que representa el porcentaje de la deuda que los hogares cancelan, es similar al porcentaje de la cartera total que no está vencida, usando información suministrada por la Superintendencia Financiera de Colombia para diciembre de 2008. Así se tiene que

$$\nu = 1 - IM,$$

donde IM denota el indicador de mora¹⁰.

Por otro lado r^{req} corresponde al porcentaje promedio de reservas bancarias sobre pasivos sujetos a encaje; el promedio trimestral de esta cifra es 5,91 %. Finalmente ζ denota el porcentaje del crédito que no se cancela que los bancos deben provisionar. El valor de esta variable en estado estacionario es igual a 0,5, que se asemeja al promedio de la razón entre provisiones y cartera vencida entre 1994 y 2008, según información de la

⁸Se usó un valor de 3 % para la inflación ya que esta es la meta de largo plazo del Banco de la República.

⁹Usando información suministrada por la Superintendencia Financiera de Colombia, el promedio mencionado es igual a 22,45 % anual en términos nominales.

¹⁰El indicador de mora corresponde a los créditos con un incumplimiento mayor o igual a 30 días como porcentaje del total. A diciembre de 2008 este indicador fue de 4,1 % para el sistema financiero colombiano.

Superintendencia Financiera de Colombia.

3.2. Parámetros del modelo

El valor de los parámetros que se muestra en el cuadro 3 corresponde al usado en trabajos anteriores para algunos parámetros, y al calculado para otros.

Cuadro 3: Valores de parámetros replicados

Parámetro	Valor	Definición	Fuente
α	0,596	Participación del trabajo en la función de producción de las firmas	Parra (2008)
δ	0,025	Tasa de depreciación del capital físico de las firmas	Bonaldi et al (2009)
δ_B	0,025	Tasa de depreciación del capital físico de los bancos	Bonaldi et al (2009)
θ	0,6927	Razón efectivo sobre base monetaria	Banco de la República

El valor de los parámetros restantes se determinó para tener los resultados mostrados en los cuadros 2 y 3 (ver cuadro 4). El valor de β usado es similar al que se reporta en otros modelos DSGE para Colombia (por ejemplo ver Bonaldi et al (2009)). Por otro lado el valor de γ se asemeja a la razón entre gastos laborales y cartera bruta para el sistema financiero en diciembre de 2008.

Cuadro 4: Valores de otros parámetros del modelo

Parámetro	Valor	Definición
β	0,994	Factor de descuento de los hogares
ϕ	3,439	Ponderación del ocio en la función de utilidad de los hogares
γ	0.073	Participación del trabajo en la función de producción de los bancos

4. Estabilidad financiera ante cambios en medidas de política monetaria

El modelo propuesto permite analizar el impacto que tienen cambios en algunas medidas de política monetaria sobre la estabilidad financiera, a través del canal de crédito. Como la economía modelada es cerrada, por medio de modificaciones en M , que representa la liquidez otorgada por el banco central, también se podría diagnosticar los efectos que tendrían variaciones en los flujos externos que impactan a la economía colombiana a través de mayor o menor liquidez en los mercados. Adicionalmente el modelo es suficientemente flexible para analizar las consecuencias de otras políticas regulatorias. Por ejemplo, dado que el debate sobre las provisiones óptimas del sistema bancario aún está vigente en Colombia, es relevante entender el impacto sobre la estabilidad financiera que tendría un choque sobre ζ , que representa el porcentaje de la cartera vencida que los bancos deben tener como provisiones. Por otro lado es importante analizar las consecuencias que un cambio en ϱ (castigo a los hogares por dejar de cancelar un porcentaje de su deuda) causaría sobre la vulnerabilidad del sistema financiero¹¹. Finalmente, el modelo también permite analizar cambios en la eficiencia del sistema financiero a través de choques sobre D , que es el parámetro tecnológico de la función de producción de los bancos.

En esta sección se analiza el impacto que tienen cambios en algunas medidas de política monetaria sobre la estabilidad financiera. Para esto se explican las consecuencias de llevar a cabo choques sobre la liquidez suministrada por el banco central (M) y sobre el requerimiento de encaje (r^{req}).

Dado que en el modelo no hay rigideces, si se supone un cambio permanente en las variables de política, éste se traduciría en un cambio similar en el nivel de precios P y por consiguiente no habría impacto sobre las variables reales¹². Sin embargo, si se supone que los cambios son transitorios, se va a tener un impacto sobre las variables relevantes. Para este ejercicio se supuso que las expectativas de los agentes sobre M y r^{req} siguen los siguientes procesos autorregresivos de orden 1:

¹¹La ley estatutaria 1266 de 2008 de Colombia, conocida como la ley de Habeas Data, regula el uso de la información personal financiera y crediticia y establece que una persona natural con obligaciones sobre las cuales existan reportes negativos en las centrales de información, que se ponga al día con sus deudas, deberá ser borrada de dichas centrales después de determinado tiempo. Las implicaciones de esta ley podrían interpretarse como cambios en ϱ debido a que el objetivo de la ley es reducir el castigo a los hogares que en algún momento incumplieron con sus obligaciones financieras.

¹²Ver ecuación (45).

$$\begin{aligned}\widehat{M}_t &= 0,9\widehat{M}_{t-1} + \varepsilon_t^M \\ \widehat{r}_t^{\text{req}} &= 0,9\widehat{r}_{t-1}^{\text{req}} + \varepsilon_t^{\text{req}},\end{aligned}\tag{32}$$

donde los $\{\varepsilon_t\}$ son sucesiones de errores independientes e idénticamente distribuidos, que siguen una distribución normal y $\tilde{x}_t$ denota la desviación porcentual de x_t con respecto a su valor en estado estacionario. A continuación se llevaron a cabo choques sobre ε_t^M y $\varepsilon_t^{\text{req}}$ de manera que la tasa de intervención anualizada aumente en 100 puntos básicos¹³.

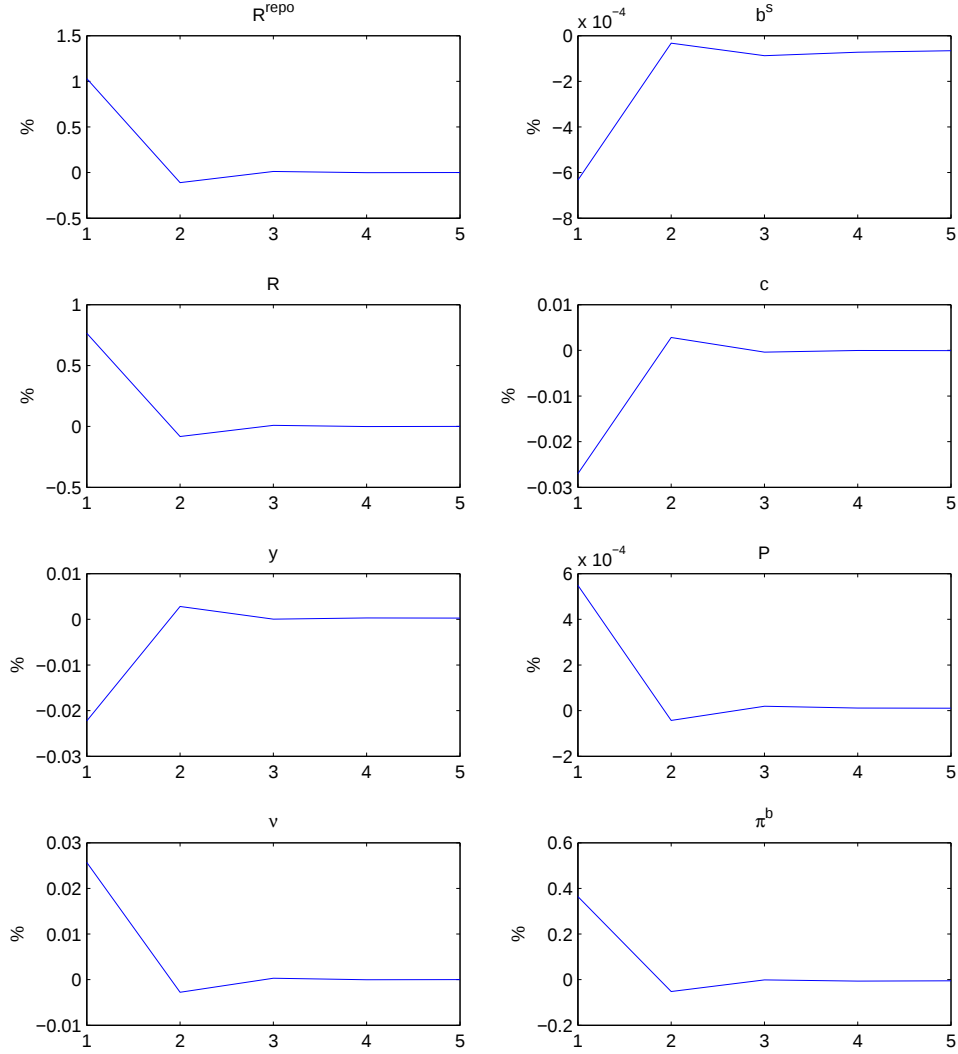
En la figura 7 se muestra la desviación porcentual de las variables relevantes, con respecto a su valor en estado estacionario. Para el caso de las tasas (R^{repo} y R) se muestra el cambio anualizado en el nivel. Ante un descenso en la liquidez ofrecida por el banco central, la tasa de equilibrio en el mercado de liquidez presenta un aumento, y esta menor liquidez a un mayor costo de fondeo, implica una caída en la oferta de créditos, aunque en una pequeña magnitud. Esto hace que la tasa a la que se otorgan los créditos se incremente en una magnitud similar al alza en R^{repo} .

Al contar con una menor oferta de crédito a una mayor tasa, el consumo de los hogares presenta un descenso, lo que tiene como consecuencia una caída en la producción de las firmas. Sin embargo, ante la ausencia de rigideces, la menor inyección de liquidez por parte del banco central causa un desplazamiento en la curva de oferta más que proporcional al de la demanda. Por lo tanto los precios presentan un aumento. A pesar de que hay cambios en el mercado del bien, es importante resaltar que son muy pequeños. Por otro lado, debido al descenso en la oferta de crédito, sumado a menores expectativas de consumo, el incumplimiento en el pago de la deuda por parte de los hogares presenta un caída; es decir, ν aumenta. En otras palabras, la menor oferta de crédito causa que los hogares estén en mejor capacidad de responder por sus obligaciones financieras. Como esto implica mayores ingresos para los bancos, al igual que menores provisiones, los beneficios de estos agentes presentan un incremento.

La figura 8 muestra el impacto que tendría un aumento en el encaje requerido por los bancos. Los gráficos presentan la desviación porcentual de las variables relevantes con respecto al estado estacionario, excepto para el caso de las tasas (R^{repo} y R), para las que se muestra el cambio en nivel. Ante un alza en el encaje requerido, la demanda por liquidez de los bancos es mayor, y por consiguiente la tasa de intervención presenta un aumento. El choque sobre el encaje requerido se llevó a cabo de tal manera que el

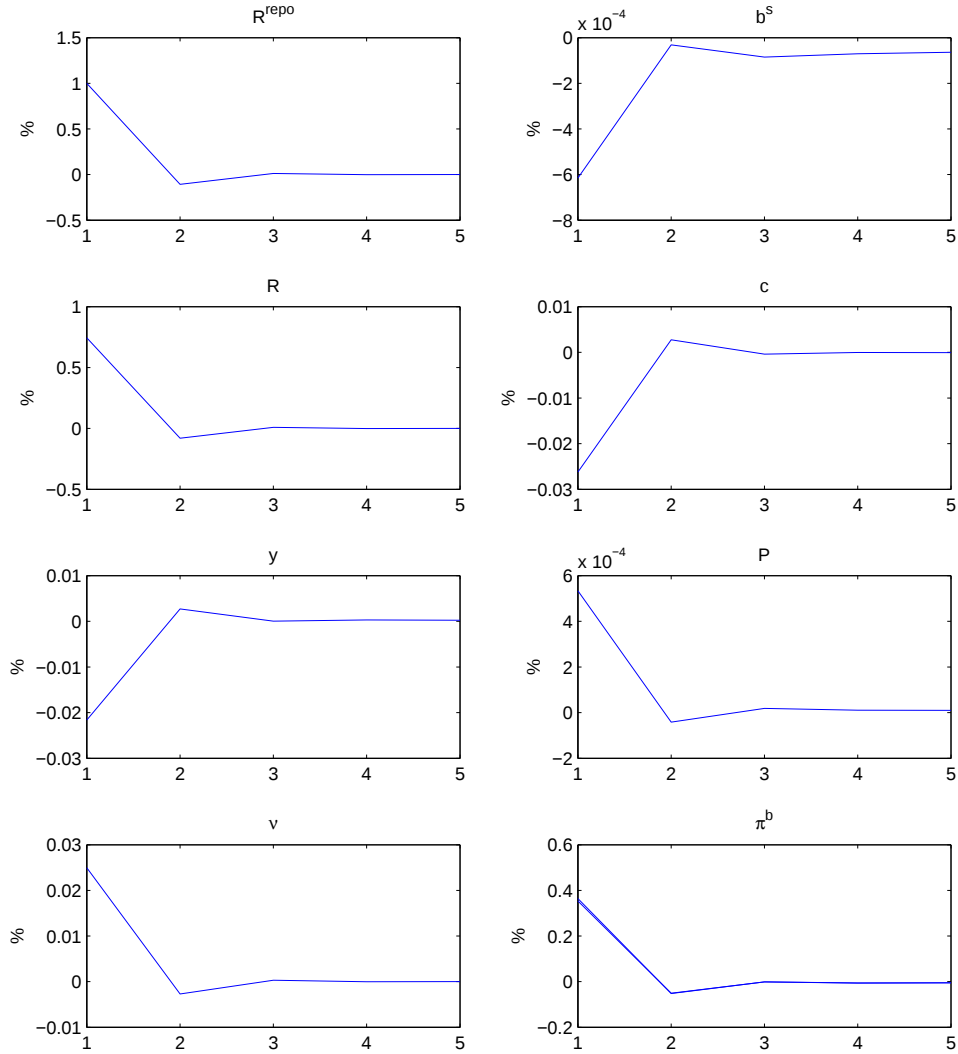
¹³Esto equivale a una medida de política monetaria contraccionista que implica un cambio en la tasa de intervención trimestral de 24,91 puntos básicos.

Figura 7: **Desviaciones porcentuales sobre el valor en estado estacionario ante una caída en M .**



Nota: Para R^{repo} y R se muestran cambios anualizados en el nivel de las tasas. La tasa de intervención R^{repo} aumenta, causando que en equilibrio se produzca menos créditos b^s a una mayor tasa R . Esto a su vez causa un descenso en el consumo c y por ende en la producción y . Por otro lado los hogares incrementan el porcentaje de pago de sus deudas v , causando que los beneficios de los bancos π^b presenten un alza.

Figura 8: **Desviaciones porcentuales sobre el valor en estado estacionario ante un aumento en r^{req} .**



Nota: Para R^{repo} y R se muestran cambios anualizados en el nivel de las tasas. La tasa de intervención R^{repo} aumenta, causando que en equilibrio se produzca menos créditos b^s a una mayor tasa R . Esto a su vez causa un descenso en el consumo c y por ende en la producción y . Por otro lado los hogares incrementan el porcentaje de pago de sus deudas v , causando que los beneficios de los bancos π^b presenten un alza.

incremento en éste causara un alza de 100 puntos básicos en la tasa de intervención anualizada. Como el costo de fondeo de los bancos es más alto, para un nivel dado de R van a producir menos créditos y entonces la oferta de estos se desplaza negativamente, causando un incremento en R de orden similar al presentado en la tasa de intervención. Como consecuencia, se observa un comportamiento en las otras variables relevantes similar al presentado ante un choque en M . En particular, el porcentaje de la deuda que los hogares cancelan aumenta, al igual que los beneficios de los bancos.

La ecuación que establece el equilibrio en el mercado de liquidez (45) se puede escribir de la siguiente manera:

$$LP_t b_t^s = \frac{1}{\theta + r_t^{\text{req}}(1 - \theta)} M_t. \quad (33)$$

En esta economía la fuente de dinero es el crédito producido por los bancos (parte izquierda de la ecuación (33)). Sin embargo el banco central solamente le está prestando M_t a los bancos. Esto implica que el modelo incorpora un multiplicador monetario. La ecuación (33) permite entender por qué las dos medidas de política consideradas tienen consecuencias similares sobre las variables relevantes del modelo. Como en el modelo los depósitos no tienen remuneración, ni los bancos pueden invertir en otros activos, la disminución en los costos para los bancos ante una política monetaria contraccionista va a ser similar usando cualquiera de las dos medidas. Esto es, un aumento en r^{req} puede tener resultados análogos que una reducción en M .

5. Conclusión

En este trabajo se presenta un modelo DSGE para entender el impacto de medidas de política sobre la estabilidad financiera en Colombia. Para esto, se usó el modelo de Leao y Leao (2007), agregando un incumplimiento endógeno por parte de los hogares en el pago de su deuda, al igual que un requerimiento de provisiones para los bancos, con el fin de que estos agentes se vieran enfrentados a una consideración de riesgo en el momento de otorgar los créditos. Estas modificaciones permiten que el modelo sea lo suficientemente flexible para analizar las consecuencias que tendrían cambios en otras políticas regulatorias, como el requerimiento de provisiones o las penalidades para agentes morosos, sobre la estabilidad financiera, además del análisis de los efectos de la política monetaria.

Como definición de estabilidad financiera se usó la propuesta por Goodhart et al (2006a), en donde se define un evento de inestabilidad financiera como aquel en el que se observa un incremento en el incumplimiento en el pago de las obligaciones financieras de los agentes, sumado a menores beneficios del sistema financiero. Luego se calibró el modelo de manera tal que replicara el primer momento de las variables más importantes con lo observado en la economía colombiana.

Como medidas de política se tuvieron en cuenta la liquidez suministrada por el banco central a los bancos comerciales al comienzo de cada periodo y el requerimiento de encaje sobre los depósitos al que estos agentes se ven enfrentados. Los resultados sugieren que ante una política monetaria contraccionista, ya sea a través de menor liquidez ofrecida por el banco central, o por medio de un aumento en el encaje requerido, se observa una mejora en la estabilidad financiera, al tener alzas en el porcentaje que los hogares cancelan de su deuda, al igual que en los beneficios de los bancos. Teniendo en cuenta que ante una restricción en el crédito, los hogares van a estar en mejor capacidad de cumplir con las obligaciones financieras adquiridas, el resultado no es contraintuitivo. Esto es, para el sistema financiero es preferible tener una menor cartera, pero de mejor calidad. Por otro lado, debido a la ausencia de rigideces, el efecto sobre otras variables macroeconómicas es muy pequeño. Los efectos de modificaciones en otras variables exógenas se presentarán en una futura versión de este trabajo.

Este trabajo es una aproximación para analizar la estabilidad financiera por medio de un modelo DSGE que permite analizar el comportamiento de las variables que determinan la estabilidad financiera. Sin embargo, presenta falencias en su modelación que impiden replicar algunos comportamientos observados. Al no haber remuneración a los depósitos, ni permitir a los bancos tener inversiones, estos agentes no enfrentan un costo de oportunidad al cumplir con el requerimiento de encaje. Por esta razón el efecto de un cambio en la liquidez ofrecida por el banco central o en el requerimiento de encaje es muy similar. Por otro lado, el modelo vigente tampoco permite analizar las decisiones de los hogares sobre el manejo de sus depósitos ante el castigo asumido por incumplimiento de sus obligaciones financieras. Por esta razón es necesario una modelación de un mercado de depósitos. Finalmente, incluir un incumplimiento en el pago de las obligaciones financieras de otro tipo de agentes (i.e. firmas) puede permitir tener un mejor análisis del impacto de medidas de política sobre la estabilidad financiera. Las mejoras en el modelo para corregir estas y otras falencias se dejan para trabajos futuros.

A. Condiciones necesarias para optimización

A.1. Hogares

La función objetivo del hogar representativo está dada por la ecuación (17). Las condiciones de primer orden con respecto a c_t , n_t^s , b_t , ν_t , $z_{t+1,f}$ y $z_{t+1,l}^b$ son, respectivamente:

$$\frac{1}{c_t} = \lambda_t \quad (34)$$

$$\frac{\phi}{1 - n_t^s} = E_t \left[\beta \lambda_{t+1} \frac{w_t}{1 + \tilde{p}_{t+1}} \right] \quad (35)$$

$$\lambda_t = E_t \left[\beta \lambda_{t+1} \nu_{t+1} \frac{1 + R_t}{1 + \tilde{p}_{t+1}} \right] \quad (36)$$

$$(1 + R_{t-1}) \frac{b_{t-1}}{1 + \tilde{p}_t} = \varrho_t (1 - \nu_t) \quad (37)$$

$$\lambda_t q_{t,f} = E_t \left[\beta \lambda_{t+1} \left(\frac{\pi_{t,f}}{1 + \tilde{p}_{t+1}} + q_{t+1,f} \right) \right] \quad (38)$$

$$\lambda_t q_{t,l}^b = E_t \left[\beta \lambda_{t+1} \left(\frac{\pi_{t,l}^b}{1 + \tilde{p}_{t+1}} + q_{t+1,l}^b \right) \right] \quad (39)$$

Adicionalmente, de las condiciones iniciales sobre los hogares (ecuaciones (14), (15) y (16)) y dado que en para todo $t \geq 0$ la restricción de presupuesto se cumple ($I_t = E_t$) se tiene que

$$c_t = b_t + (1 + R_{t-1})(1 - \nu_t) \frac{b_{t-1}}{1 + \tilde{p}_t} - \frac{\varrho_t}{2} (1 - \nu_t)^2 \quad (40)$$

para todo $t \geq 0$. Esta ecuación implica que en cada periodo los recursos que los hogares destinan a consumir provienen del crédito suministrado por los bancos y del porcentaje de la deuda del periodo inmediatamente anterior que dejaron de cancelar. Sin embargo, el hecho de no cumplir con una parte de sus obligaciones financieras implica que los

hogares deben pagar un castigo (último término de la parte derecha de la ecuación (40)). De esta forma, los hogares deciden el porcentaje óptimo de pago de la deuda teniendo en cuenta que un valor menor de ν_t implica mayores recursos destinados a consumir, pero se debe pagar un castigo más alto.

A.2. Bancos

La función objetivo del banco representativo está dada por la ecuación (23). Las condiciones de primer orden con respecto a n_t^b e i_t^b son, respectivamente:

$$P_t N I_t \gamma \frac{b_t^s}{n_t^b} = P_t w_t \quad (41)$$

y

$$E_t \left[\frac{P_{t+1}}{1 + R_{t+1}} N I_{t+1} (1 - \gamma) \frac{b_{t+1}^s}{k_{t+1}^b} \right] = P_t \quad (42)$$

donde

$$N I_t = R_t \nu_{t+1} - [\theta + r_t^{\text{req}}(1 - \theta)] R_t^{\text{repo}} - \zeta_t(1 - \nu_{t+1}).$$

La acumulación intertemporal de capital físico está dada por la ecuación (22).

A.3. Firmas

La función objetivo de la firma representativa está dada por la ecuación (27). Las condiciones de primer orden con respecto a n_t^d e i_t^d son, respectivamente:

$$\alpha \frac{y_t}{n_t^d} = w_t \quad (43)$$

y

$$E_t \left[\frac{P_{t+1}}{1 + R_{t+1}} (1 - \alpha) \frac{y_{t+1}}{k_{t+1}} \right] = P_t. \quad (44)$$

La acumulación intertemporal de capital físico está dada por la ecuación (26).

B. Condiciones de equilibrio para los mercados

En esta economía hay 6 mercados: el mercado del bien producido por las firmas, el mercado laboral, el mercado de créditos, los mercados de acciones para firmas y para bancos y el mercado de liquidez bancaria. Ya que hay L bancos homogéneos, F firmas homogéneas y H hogares homogéneos, las variables asociadas a cada hogar, firma y banco representativo son iguales entre cada clase de agente. En cada mercado los precios se ajustan de manera que el equilibrio se alcance ya que los agentes son precio aceptantes.

El equilibrio en el mercado de liquidez bancaria se consigue cuando las necesidades de liquidez de los bancos son iguales a la oferta de liquidez por parte del banco central. Denótese por M_t la liquidez que el banco central inyecta en el mercado en t , que es una decisión exógena. El equilibrio en este mercado se alcanza cuando

$$L [\theta + r_t^{\text{req}}(1 - \theta)] b_t^s = \frac{M_t}{P_t}. \quad (45)$$

El equilibrio en el mercado de créditos existe cuando el crédito producido por los bancos es igual al que los hogares demandan. Esto es

$$HP_t b_t = LP_t b_t^s. \quad (46)$$

El bien producido por las firmas se usa para consumo y para inversión en capital físico por parte de las firmas y de los bancos. Así el equilibrio en el mercado del bien es

$$HP_t c_t + FP_t i_t^f + LP_t i_t^b = FP_t y_t. \quad (47)$$

El equilibrio en el mercado de trabajo se alcanza cuando los hogares ofrecen una cantidad de trabajo igual a la que demandan las empresas y los bancos. Es decir,

$$Hn_t^s = Fn_t^d + Ln_t^b. \quad (48)$$

Finalmente, como los hogares son dueños de las firmas y los bancos, el equilibrio en el mercado de las acciones se consigue cuando

$$Hz_{t+1,f} = 1 \quad (49)$$

y

$$Hz_{t+1,l}^b = 1. \quad (50)$$

C. Equilibrio del modelo

El equilibrio en este modelo se define como el conjunto de variables

$$\Theta_t = \left\{ \pi_t^b, \pi_t, y_t, b_t^s, k_{t+1}^b, k_{t+1}, c_t, b_t, n_t^s, \nu_t, \lambda_t, i_t^b, n_t^b, n_t^d, q_{t,f}, q_{t,l}^b, \right. \\ \left. z_{t+1,f}, z_{t+1,l}^b, i_t^b, R_t^{\text{repo}}, R_t, P_t, w_t, \tilde{p}_t, D_t, r_t^{\text{req}}, A_t, M_t, \varrho_t, \zeta_t \right\} \quad (51)$$

para $t \geq 0$, que satisfacen los beneficios de los bancos y de las firmas (ecuaciones (21) y (25), respectivamente); las funciones de producción de crédito y del bien (ecuaciones (18) y (24), respectivamente); la acumulación intertemporal de capital físico de los bancos y las firmas (ecuaciones (22) y (26), respectivamente); las condiciones de primer orden para los hogares (ecuaciones (34) a (39)) y la restricción de presupuesto que resulta de las condiciones iniciales sobre los hogares (ecuación (40)); las condiciones de primer orden para los bancos (ecuaciones (41) y (42)); las condiciones de primer orden para las firmas (ecuaciones (43) y (44)); las condiciones en las que los mercados se vacían (ecuaciones (45) a (50)); y la definición de inflación (ecuación (11)) para todo $t \geq 0$. En este sentido se tiene un sistema que consiste en 24 ecuaciones para determinar las 24 variables endógenas en (51). Adicionalmente, el modelo tiene una sucesión de seis variables exógenas: $\{D_t, r_t^{\text{req}}, A_t, M_t, \varrho_t, \zeta_t\}_{t \geq 0}$.

Referencias

- [1] Akram, Q.; G. Bårdsen y K. Lindquist. (2007). Pursuing financial stability under an inflation-targeting regime. *Annals of Finance*. 3(1), pp. 131-153.
- [2] Akram, Q. y Ø. Eitrheim. (2006). Flexible inflation targeting and financial stability: Is it enough to stabilise inflation and output? *Working Paper* 2006/07. Norges Bank.
- [3] Allen W. y G. Wood. (2006). Defining and achieving financial stability. *Journal of Financial Stability*. 2, pp. 152-172.
- [4] Banco de la República (2009). *Reporte de Estabilidad Financiera*. Marzo.
- [5] Bårdsen, G.; K. Lindquist y D. Tsomocos. (2006). Evaluation of macroeconomic models for financial stability analysis. *Working Paper* 2006/01. Norges Bank.
- [6] Bonaldi, P; A. González; J. D. Prada; D. A. Rodríguez y L. E. Rojas. (2009). Método numérico para la calibración de un modelo DSGE. *Borradores de Economía* 548, Banco de la República.
- [7] Čihák, M. (2006). How do central banks write on financial stability? *IMF Working Paper* 06/163.
- [8] Congreso de la República de Colombia. Ley 1266 de 2008.
- [9] Estrada, D.; A. González Arbeláez y J. Gutiérrez Rueda. (2008). The effects of diversification on banks' expected returns. *Borradores de Economía* 524, Banco de la República.
- [10] Goodhart, C.; P. Sunirand y D. Tsomocos. (2006a). A model to analyse financial fragility. *Economic Theory*. 27, pp. 107-142.
- [11] Goodhart, C.; P. Sunirand y D. Tsomocos. (2006b). A time series analysis of financial fragility in the UK banking system. *Annals of Finance*. 2 (1), pp. 1-21.
- [12] Haugland, K. y B. Vikøren. (2006). Financial stability and monetary policy - theory and practice. *Economic Bulletin*. 1, pp. 24-31. Norges Bank.
- [13] Leao, E. y P. Leao. (2007). Modelling the central bank repo rate in a dynamic general equilibrium framework. *Economic Modelling*. 24, pp. 571-610.
- [14] Pagan, A. (2003). Report on modelling and forecasting at the Bank of England. *Bank of England Quarterly Bulletin*. Primavera, pp. 1-29.

- [15] Parra Alvarez, J. C. (2008). Hechos estilizados de la economía colombiana: fundamentos empíricos para la construcción y evaluación de un modelo DSGE. *Borradores de Economía* 509, Banco de la República.
- [16] Pérez Reyna, D.; J. D. Prada Sarmiento y A. Saade Ospina. (2008). Efectos de medidas de política monetaria sobre la estabilidad financiera en Colombia. Mimeo.
- [17] Saade, A.; D. Osorio y D. Estrada. (2007). An equilibrium approach to financial stability analysis: the colombian case. *Annals of Finance*. 3(1), pp. 75-105.
- [18] Tovar, C. (2008). DSGE models and central banks. *BIS Working Papers* 258.
- [19] Uhlig, H. (1995). A toolkit for analyzing nonlinear economic dynamic models easily. *Discussion Paper* 101, Federal Reserve Bank of Minneapolis, Institute for Empirical Macroeconomics.
- [20] Vargas, H. y Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República. (2006). El riesgo de mercado de la deuda pública: ¿una restricción a la política monetaria? el caso colombiano. *Borradores de Economía* 382, Banco de la República.
- [21] de Walque, G; O. Pierrard y A. Rouabah (2008). Financial (in)stability, supervision, and liquidity injections: a dynamic general equilibrium approach. *Working Paper Research* 148, National Bank of Belgium.