



# Política monetaria contracíclica y encaje bancario\*

Christian Bustamante<sup>†</sup>

## Abstract

A pesar de que el encaje bancario era un instrumento de política monetaria que venía cayendo en desuso, recientemente, varios países lo han empleado con aparente éxito en el marco de una política monetaria contracíclica y macroprudencial. Surge entonces la pregunta de si dicho éxito se dio por la utilización del encaje *per se*, o porque el encaje reforzó el efecto de la política de tasas de interés. Para responder este interrogante, se construye un modelo de equilibrio general con agentes heterogéneos e intermediarios financieros aversos al riesgo. Se encuentra que un manejo contracíclico del encaje bancario contribuye a reducir marginalmente la volatilidad de las fluctuaciones del consumo. Su efecto cobra mayor importancia a medida que los bancos son más aversos al riesgo.

**Palabras clave:** política monetaria, encaje bancario, intermediación financiera, modelos de equilibrio general, agentes heterogéneos.

**Clasificación JEL:** C63, E32, E44, E52.

## 1. Introducción

Durante gran parte del siglo XX, el encaje bancario<sup>1</sup> fue considerado uno de los principales instrumentos de política monetaria. Sin embargo, en muchas economías cayó en desuso puesto que el régimen monetario pasó de ser uno que estaba orientado hacia el control del crecimiento de los agregados monetarios, a un régimen que operaba bajo el esquema de inflación objetivo (*inflation targeting*). No obstante, en Colombia, el Banco de la República retomó su uso en épocas recientes con el fin de complementar la estrategia de fijación de la tasa de interés de corto plazo bajo un régimen de inflación objetivo. De esta forma, el banco central ha modificado el encaje ordinario y ha fijado encajes marginales para incidir sobre el crecimiento de la cartera del sector financiero de manera contracíclica.

Esta práctica también se ha presentado en otros países como Brasil, China y Perú, en donde sus autoridades monetarias han modificado el porcentaje requerido de reservas sobre pasivos sujetos a encaje. Como bien señala Moreno (2010), muchos bancos centrales de economías emergentes emplearon instrumentos como el encaje, entre otros, para hacerle

---

\*Este artículo fue presentado originalmente como tesis para obtener el título de Magister en Economía de la Universidad de los Andes. Se agradece especialmente al asesor de tesis, Franz Hamann, por su invaluable ayuda. También se agradecen los valiosos comentarios y sugerencias de Hernando Vargas, Marc Hofstetter, Andrés González, Luis Eduardo Rojas, Julian Pérez Amaya, Jorge Toro, Pamela Cardozo, Rocío Betancourt, y Carlos Varela.

<sup>†</sup>Departamento de Modelos Macroeconómicos, Banco de la República. Los resultados y opiniones presentadas en este trabajo son responsabilidad exclusiva del autor y su contenido no compromete al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Email: cbustaam@banrep.gov.co.

<sup>1</sup> Se refiere a un porcentaje sobre los depósitos que los intermediarios financieros deben mantener como reservas líquidas (depósitos en el banco central o en caja).

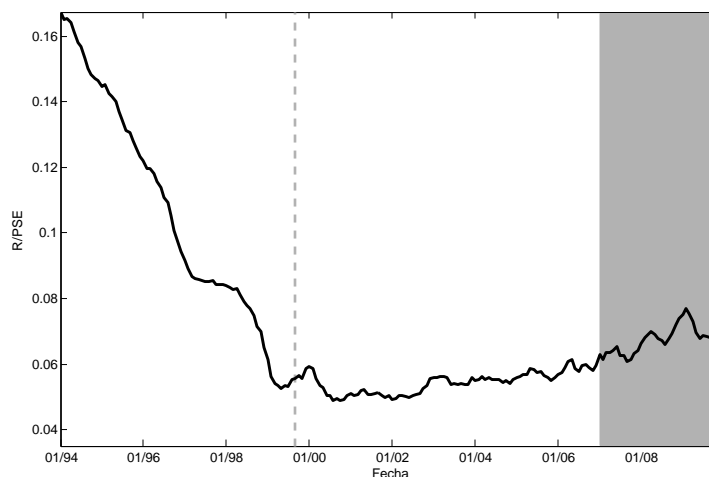
frente a la fuerte inflación que experimentó la economía mundial entre 2007 y 2008 y, posteriormente, a las consecuencias de la crisis financiera. Moreno (2010) apunta que, aunque antes de la crisis financiera el encaje bancario había sido tradicionalmente usado en economías con sistemas financieros poco profundos, posterior a esta coyuntura se observó el importante efecto que puede tener este instrumento como regulador de la liquidez del sistema financiero. La evidencia empírica presentada en su estudio muestra que este instrumento ha sido empleado con el ánimo de complementar la política de tasas de interés en Colombia, Brasil y Perú, logrando una importante sincronización entre encaje y tasa de intervención en el momento de implementar una política contracíclica y macroprudencial.

El objetivo del presente trabajo es estudiar el grado de efectividad individual y conjunta de dos instrumentos de política monetaria: tasa repo y encaje. En particular, se busca analizar si el encaje es efectivo, desde el punto de vista macroeconómico, como una herramienta *per se*, o si su mayor utilidad se obtiene al ser usado como un complemento a una política enfocada al manejo de tasa de interés. Para lo anterior, el estudio se enmarca en un modelo de equilibrio general con agentes heterogéneos e intermediarios financieros aversos al riesgo, calibrado para Colombia en el periodo 1994-2009.

La idea central de este trabajo gira alrededor de los planteamientos de Betancourt y Vargas (2009) y Vargas et al. (2010). En estos trabajos se postula que, bajo un esquema de inflación objetivo, hay dos factores fundamentales que determinan la efectividad del encaje. El primero es el riesgo de tasa de interés, es decir, la presencia de descalces entre la tasa repo y la tasa a la cual los intermediarios financieros realizan operaciones con el público. Los bancos comerciales, con la idea de cubrirse de este riesgo, se lo trasladan a las tasas de colocación, impactando de forma negativa la oferta de crédito y por consiguiente la demanda agregada. El segundo elemento que se destaca en estos trabajos es la sustituibilidad imperfecta entre las distintas fuentes de financiamiento para un banco. Si al incrementarse el encaje, haciendo más costoso financiarse a través de depósitos, un banco puede sustituir esta fuente por crédito con el banco central, por ejemplo, el efecto sobre las tasas de colocación sería nulo. Sin embargo, la sustituibilidad entre los depósitos y fuentes alternativas de financiamiento no es perfecta, lo que deja el campo propicio para que la política monetaria pueda emplear el encaje para afectar la oferta de crédito.

Betancourt y Vargas (2009), empleando un análisis de equilibrio parcial, encuentran que, aún bajo el esquema de inflación objetivo, el encaje puede afectar la tasa de interés de los créditos y, por lo tanto, el crecimiento de la cartera del sistema financiero. En este sentido, señalan que el aumento del encaje induce un encarecimiento de la intermediación financiera (i.e. un aumento del margen de intermediación) debido a la incertidumbre sobre la tasa de política en el futuro, logrando de esta forma, reducir la demanda por crédito y las presiones inflacionarias. Vargas et al. (2010) corroboran empíricamente este resultado.

Esta investigación se concentra en evaluar, desde una perspectiva de equilibrio general, la primera de estas características del mercado financiero para poder dimensionar los efectos macroeconómicos de la política monetaria ante cambios en el requerimiento de encaje. Se inicia con un recuento de la historia reciente del uso del encaje bancario como instrumento de política monetaria en Colombia, para luego continuar con una revisión de la literatura de los modelos de equilibrio general con encaje bancario. Luego se presenta el modelo, se define el equilibrio y se detallan los criterios empleados para la calibración. Posteriormente, se describe el mercado de cada uno de los tipos de activos que existen en la economía artificial y se muestran los resultados de un análisis sobre los cambios en la distribución de largo plazo de los activos financieros ante distintos requerimientos de encaje. Luego se presenta un análisis que considera distintos tipos de política monetaria contracíclica que permiten evaluar la efectividad del encaje como instrumento independiente y como complemento de la tasa de interés de política para estabilizar la economía (i.e. reducir la volatilidad de los ciclos económicos). Este ejercicio considera reglas de política: una que usa el encaje de forma simultánea con la tasa de interés y otra que lo

**Fig. 1:** Reservas / PSE. 1994:01 - 2009:12

Fuente: Banco de la República y DANE. La línea punteada indica el momento a partir del cual opera el régimen de inflación objetivo. El área sombreada recoge el periodo reciente en el cual se hizo nuevamente uso del encaje.

emplea como instrumento de último recurso. Por último se concluye.

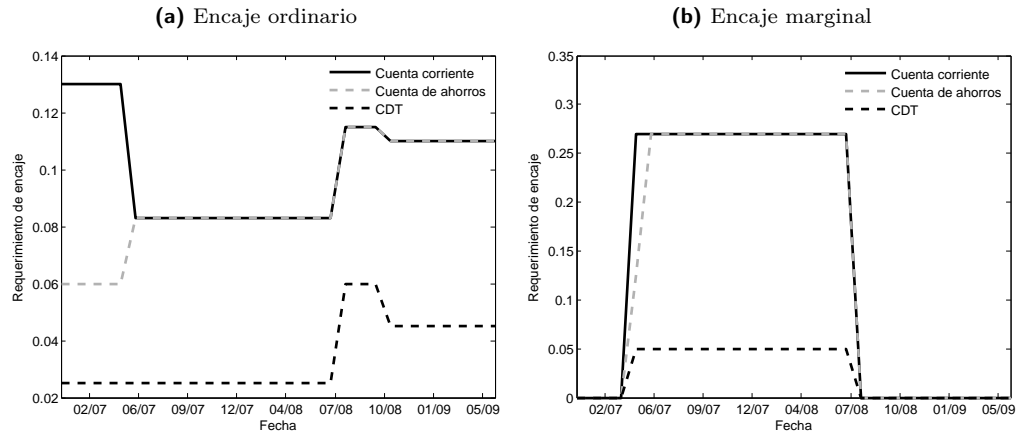
## 2. El encaje en Colombia como política contracíclica

Dentro del marco regulatorio del sistema financiero colombiano, todas las instituciones que captan recursos del público a través de cuentas con un importante grado de liquidez, tienen la obligación de mantener reservas. Dichas reservas pueden ser mantenidas por los intermediarios financieros de dos formas: *i)* depósitos en caja, y *ii)* reservas en el banco central. La existencia de este requerimiento tiene dos razones de ser:

1. Solidez de las instituciones financieras: la obligación de mantener reservas sobre los depósitos del público evita faltantes de liquidez ante eventuales retiros de los usuarios del sistema. Los establecimientos captadores tienen en cuenta la aleatoriedad inherente a los retiros de sus usuarios, por lo que requieren tener cierta cantidad de dinero para poder cubrir cualquier eventualidad.
2. Instrumento de política monetaria: las reducciones (incrementos) en porcentaje de encaje le permiten al banco central expandir (contraer) la oferta de dinero y reducir (incrementar) las tasas de interés. Empleando este canal, la autoridad monetaria de un país intenta actuar de forma contracíclica y estabilizar los precios de la economía.

A pesar de estos dos puntos, durante muchos años el uso de este instrumento de política monetaria disminuyó importantemente. Una de las razones para su menor uso fue el cambio en el enfoque de la política monetaria. En muchos países, se pasó de una política enfocada sobre *metas intermedias de agregados monetarios*, al esquema de *inflación objetivo*, cuyo principal instrumento es el manejo de la tasa de interés de corto plazo del banco central. Otra de las causas es la connotación impositiva que tiene el encaje. Al no brindar ningún rendimiento, los intermediarios financieros están asumiendo un costo igual a lo que podrían ganar colocando esos recursos en nuevos créditos u otras inversiones, por lo que se argumenta que el encaje es un impuesto distorsionador del mercado de dinero.

Fig. 2: Evolución del requerimiento de encaje



Fuente: Banco de la República

Por último, los bancos han sido creativos a la hora de crear nuevos tipos de depósitos que no estén cobijados por el encaje.<sup>2</sup>

En Colombia también ocurrió esto. Antes de que la política monetaria operara bajo un régimen de inflación objetivo, el requerimiento de encaje se modificaba con relativa frecuencia y se encontraba en valores mayores. Esta tendencia fue disminuyendo, de forma tal que en 1999, año en el cual se cambió de régimen, la razón reservas - pasivos sujetos a encaje (proxy del porcentaje de encaje) se encontraba en su menor valor hasta esa fecha (ver Figura 1).

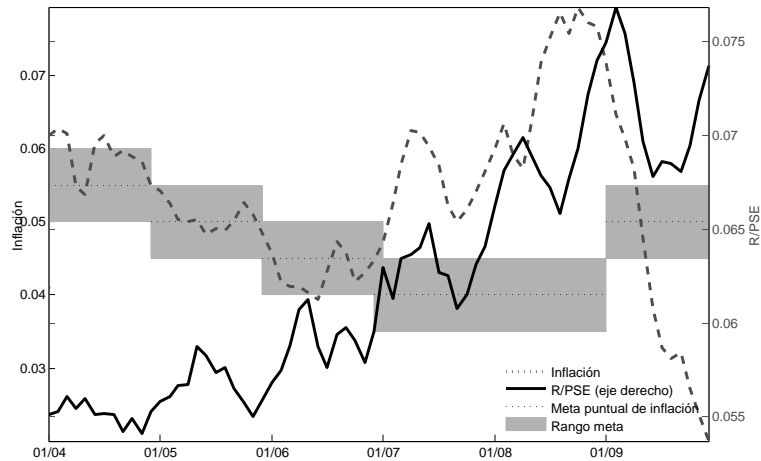
Sin embargo, en mayo de 2007, tras casi siete años que no se registrara ningún cambio en el requerimiento de encaje a las entidades financieras en Colombia (el último había sido en junio de 2000), la Junta Directiva del Banco de la República impuso un encaje marginal sobre los depósitos y exigibilidades de los bancos que fueran más líquidos, a saber, las cuentas de ahorro y corrientes y los certificados de depósito a término con un plazo inferior o igual a 18 meses.<sup>3</sup> Tal requerimiento fue incrementado un mes después, regulación que se mantuvo por poco más de un año. Según, el Gerente General del Banco de la República, los incrementos del encaje marginal tuvieron como propósito apoyar la política de tasas de interés, a través de la reducción del crecimiento del crédito al sector privado, el cual se consideraba insostenible (Uribe, 2008).

A mediados de 2008 se desmontó el requerimiento de encaje marginal. Sin embargo, el desmonte de esta medida no significó un abandono de la política monetaria contracíclica que se venía efectuando con este instrumento, puesto que en este momento se incrementó el requerimiento de encaje ordinario, el cual se calcula sobre el total de los pasivos sujetos a encaje (PSE, ver Figura 2). Con esta medida se hizo más notorio el carácter contractionista de la política monetaria, ante una inflación que para esa época se ubicaba 3,5 puntos porcentuales por encima de la meta de inflación de ese año.

Finalizando 2008 y ante la erupción de la crisis financiera en Estados Unidos, el Banco de la República empleó nuevamente este instrumento de forma contracíclica. Redujo el encaje sobre los PSE, otorgando mayor liquidez al sistema financiero y complementando

<sup>2</sup> Por ejemplo, el incremento de los depósitos en *sweep accounts* (cuentas cuyos fondos son manejados automáticamente entre una cuenta primaria en efectivo y otra secundaria en cuentas de inversión), los cuales no están sujetos a encaje, ha reducido de forma importante el nivel de reservas del sistema financiero en Estados Unidos.

<sup>3</sup> En pocas palabras, el encaje marginal es el porcentaje mínimo que los establecimientos financieros deben mantener sobre el exceso con respecto al saldo de una cuenta en un momento determinado.

**Fig. 3:** Reservas sobre PSE e Inflación

Fuente: Banco de la República y DANE.

la posterior baja de tasas de interés que realizó a partir de diciembre de 2008.

En la Figura 3 se puede observar que desde que se inició la política contraccionista empleando el encaje bancario, el coeficiente de reservas del sistema financiero sobre los pasivos sujetos a encaje fue incrementado por el Banco Central para frenar el ritmo creciente que registraba la inflación en 2007 y 2008. Dicha política fue mantenida hasta finales de 2008, momento en el cual se empezaban a percibir menores presiones inflacionarias.

En una intervención posterior, el Gerente General del Banco de la República señaló que la finalidad de esta política era “moderar el ritmo de endeudamiento del sector privado y acelerar la transmisión de la política monetaria” (Uribe, 2009). El resultado de estas medidas fue la moderación en el crecimiento excesivo del gasto y endeudamiento y el fortalecimiento del sistema financiero que en ese momento se enfrentaba a un fuerte choque externo, lo que a su vez se tradujo en una mayor estabilidad financiera y de precios.

Estos resultados evidenciaron el impacto importante que tuvieron las medidas de encaje dentro del marco de una política monetaria contracíclica. No obstante, dado que las medidas de encaje tuvieron lugar al tiempo que el Banco de la República subía las tasas de interés, vale la pena preguntarse si la efectividad del encaje fue propiciada porque se usó como un complemento a las medidas de tasa de interés o si lo pudo llegar a ser por propia cuenta.

Para responder esta pregunta, es necesario considerar no sólo el impacto que tiene el encaje sobre el mercado financiero, sino también sobre las decisiones de ahorro e inversión de los individuos. Esto resalta la importancia del análisis de los mercados financieros en un contexto de equilibrio general dinámico y estocástico, el cual se reseña a continuación.

### 3. Modelos de equilibrio general y requerimiento de encaje

La literatura sobre el rol de los mercados y las fricciones financieras es escasa pero creciente. Quizás uno de los primeros estudios sobre el rol de los intermediarios financieros en las fluctuaciones económicas, es el trabajo de Diaz-Gimenez et al. (1992). En este trabajo, se plantea un modelo de equilibrio general computable que desarrolla explícitamente la actividad bancaria. Los autores cuantifican el efecto sobre el bienestar que tiene im-



plementar distintas políticas monetarias contracíclicas, encontrando que las ganancias de hacer uso del encaje y la tasa de interés son considerablemente importantes. De esta forma, señalan que es fundamental que la intermediación financiera se modele explícitamente para estudiar el canal a través del cual opera la política monetaria.

En el caso de las economías emergentes, Edwards y Végh (1997) señalan la importancia del encaje bancario como un instrumento útil de política monetaria contracíclica ante la presencia de choques externos de demanda y como instrumento de control de flujos de capital. No obstante, afirman que para garantizar la efectividad del uso de esta herramienta ante choques de demanda, los *policy makers* deben estar dispuestos a elevar el requerimiento de reservas en épocas de crecimiento económico, situación a la que parecen no estar dispuestos muchos de ellos al considerar los efectos impositivos sobre la intermediación financiera.

Ganapolsky (2003) también apoya la importancia de este instrumento dentro de una política monetaria contracíclica. Para esto, plantea un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) para una economía pequeña con movilidad imperfecta de capitales, sistema bancario costoso y una externalidad que afecta las decisiones financieras de los individuos. En este documento, se concluye que el uso del encaje se puede enmarcar en una política monetaria óptima dependiendo del choque que experimenta la economía, y de cómo impacta la tasa de interés. En particular, el autor muestra que una disminución del encaje bancario es una herramienta útil para proveer liquidez ante una corrida bancaria ocasionada por un choque de tasa de interés internacional.

Por su parte Romer (1985), tras plantear un modelo de generaciones traslapadas con intermediación financiera, concluye que un incremento en el encaje bancario no necesariamente reduce las tasas de interés de los depósitos, por lo que los ahorradores no siempre serán afectados por una política de este tipo. De igual forma, encuentra que variaciones en el encaje no afectan directamente la inflación, pero ajusta las tasas de interés de mercado y los activos que poseen los intermediarios financieros.

Sin embargo, para Colombia, Villar y Salamanca (2005) encuentran que el uso del encaje como instrumento de estabilización tiende a reforzar la prociclicidad del crédito doméstico con respecto a los cambios en las condiciones financieras externas, generando así perjuicios sobre el acceso al crédito de los agentes que no pueden recurrir al financiamiento internacional.

Prada (2008), tras estimar un modelo DSGE con intermediación financiera para Colombia concluye que no es claro cuál es el efecto que tiene la manipulación de encajes como instrumento de política monetaria contracíclica y que este depende de la estructura de las entidades financieras y de su respuesta a cambios en la tasa repo.

Estos resultados ponen en relieve la falta de consenso con respecto a la efectividad de este instrumento de política monetaria, por lo que el presente documento pretende contribuir a clarificar el papel del encaje bancario dentro de una política contracíclica efectuada por la autoridad monetaria. Para esto, una muy buena alternativa puede ser enmarcar el uso de dicha política en un modelo de equilibrio general que cuente con un sistema financiero. La existencia de los intermediarios financieros es indispensable, ya que el canal sobre el cual operaría el encaje tiene como primer efecto aumentar las reservas del sistema financiero, limitando así, su oferta de crédito.

Sin embargo, en un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico que parte del supuesto del agente representativo resulta difícil generar una demanda por crédito y, simultáneamente, una oferta de depósitos positiva, puesto que si todos los agentes son idénticos, todos demandarán préstamos u ofrecerán recursos al sistema financiero. Algunos modelos como los de Faia y Monacelli (2007), Gerali et al. (2008) y Cúrdia y Woodford (2009), entre otros, suponen la existencia de dos tipos de hogares: prestamistas y prestatarios. Los primeros están limitados a ahorrar en cada periodo, sin la posibilidad de solicitar créditos con el sistema financiero, mientras que los segundos no tienen a su

alcance los depósitos en los bancos como una fuente de acumulación de riqueza.

Otros modelos como el de Hamann y Oviedo (2006) y el de Prada (2008) parten de un supuesto realista: los individuos requieren de depósitos para poder adquirir bienes de consumo y de capital. En este tipo de modelos se tiene una restricción semejante a la de los modelos *cash in advance*, pero aplicada sobre los depósitos y no sobre el dinero. De esta forma, los hogares tienen incentivos para tener depósitos al tiempo que solicitan créditos.

No obstante, otra forma de aproximarse a este problema es mediante los modelos con agentes heterogéneos. Este enfoque tiene sus orígenes en el problema individual de ahorro precautelativo presentado inicialmente en los modelos Bewley y en Imrohroglu (1989), y que fueron llevados posteriormente al caso de equilibrio general por Huggett (1993) y Aiyagari (1994). Su principal característica es que los mercados son incompletos, por lo cual los individuos no pueden asegurarse ante choques idiosincráticos.<sup>4</sup> Eliminando el supuesto de mercados completos se genera heterogeneidad entre los agentes porque cada uno puede recibir un choque idiosincrático diferente y porque las condiciones con las que inician cada periodo, que a su vez son función de la historia de choques que han recibido, son muy variadas. Adicionalmente, esta estrategia es coherente con la hipótesis de ingreso permanente y motiva la existencia de ahorros precautelativos para hacer frente a posibles choques negativos en el futuro.

Partiendo de este último enfoque, se presenta a continuación el modelo que permite contrastar la hipótesis de esta investigación.

#### 4. La economía artificial

En el modelo que se presenta aquí es el de una economía cerrada en el que interactúan tres clases de actores: hogares, intermediarios financieros y el banco central. El modelo es similar al de Aiyagari (1994) con algunas modificaciones importantes. La economía experimenta choques agregados que determinan la parte del ciclo en la que se encuentra, a saber, buenos tiempos o malos tiempos. Adicionalmente, los hogares enfrentan choques idiosincráticos de ingreso sobre los cuales no pueden asegurarse, lo que genera una gran heterogeneidad entre ellos porque las condiciones con las que inician cada periodo dependen de la historia de choques que ha recibido cada uno. Mientras que Aiyagari (1994) sólo considera la existencia de un único activo que puede ser comprado por los hogares para que los individuos puedan *auto-asegurarse* y suavizar su consumo sin ningún costo, aquí la intermediación financiera es costosa. Los hogares pueden acceder a dos tipos de activos financieros, a saber, créditos y depósitos. La captación de depósitos y la asignación de créditos por parte de los intermediarios requiere de recursos reales. Esto implica que el proceso de intermediación financiera genera un diferencial entre las tasas de interés de colocación y captación. Así, el diferencial de tasas no surge del riesgo crediticio (“*default*”). Tanto los hogares como los bancos honran plenamente los contratos.

La forma en que se modelan los intermediarios financieros se basa en Diaz-Gimenez et al. (1992) y Betancourt y Vargas (2009). La intermediación de recursos entre ahorradores y prestatarios es llevada a cabo por muchos “bancos” homogéneos que operan en un mercado perfectamente competitivo. Los bancos sólo pueden mantener un activo: créditos. La financiación de las compras de estos activos proviene de dos fuentes: depósitos de los hogares y recursos del banco central. Si los intermediarios se financian con depósitos, deben satisfacer un requerimiento de encaje que es fijado por el banco central. Si se financian con recursos del banco central, los bancos enfrentan un riesgo de tasa de interés puesto que

<sup>4</sup> Aunque en los modelos de agente representativo se puede suponer que los agentes enfrentan choques individuales, existen mercados de seguros estado-contingentes Arrow-Debreu que eliminan totalmente la heterogeneidad entre los individuos.



el contrato que suscriben con la autoridad monetaria contempla que los intereses sobre la deuda se pagan dependiendo de la tasa de política del siguiente periodo. De esta forma, el riesgo de tasa de interés se configura porque los bancos comerciales tienen un descalce entre la tasa a la que consiguen recursos adicionales con el banco central y las tasas que fijan para los créditos y los depósitos.

El modelo supone que el banco central cuenta con dos instrumentos para ejercer la política monetaria: la tasa de interés a la que le presta a los bancos comerciales y el requerimiento de encaje. La forma en como fija su política depende del estado en el cual se encuentra la economía. Cuando el estado de la economía es bueno el banco central tiene margen para aumentar la tasa de intervención y/o elevar el requerimiento de encaje logrando que se encarezcan los recursos con los cuales cuentan los intermediarios financieros para colocar nuevos créditos, puesto que deben pagar unos intereses más altos por el fondeo con el banco central y/o enfrentan un mayor costo de oportunidad sobre los depósitos que captan. De esta forma, la política monetaria afecta la estructura de tasas de interés y la distribución de activos de la economía, lo que implica una reducción en el gasto de los hogares y de la demanda agregada. Con esto, si la autoridad monetaria buscara reducir o estimular la demanda agregada de acuerdo con las condiciones cíclicas de la economía, podría emplear estos dos instrumentos.

Esta economía artificial permite hacer experimentos cuantitativos acerca del impacto de estos dos instrumentos de política monetaria y, en particular, responder la pregunta que nos atañe: ¿qué tan complementarios o suplementarios son las tasas de interés y los requerimientos de encaje para la conducción de la política monetaria? A continuación se presenta en detalle la estructura del modelo y el problema que enfrenta cada uno de los agentes que componen la economía.

#### 4.1. El estado de la economía

Esta economía artificial experimenta un choque agregado de productividad al inicio de cada periodo (o lo que es igual, al final del periodo anterior) que afecta las decisiones de todos los agentes de la economía. En cada periodo la economía se encuentra en un estado  $z_t \in Z = \{1, 2, \dots, n_z\}$ . Este choque sigue un proceso exógeno determinado a través de una cadena de Markov que tiene la siguiente matriz de transición

$$\pi_z(z'|z) = \Pr(z_{t+1} = z' | z_t = z) \quad (1)$$

El choque agregado afecta positivamente el ingreso de los hogares, por lo que mejores realizaciones de  $z$  se reflejan en una mayor actividad. Como se verá a continuación, la política monetaria responde de manera contracíclica ante las realizaciones de  $z$ .

#### 4.2. Banco central

El banco central tiene a su disposición dos instrumentos de política monetaria, a saber, la tasa de interés de intervención  $r^p(z_{t+1})$ , a la cual le prestan recursos a los bancos comerciales, y el requerimiento de encaje  $\rho(z_t)$ . La autoridad monetaria utiliza estos instrumentos para afectar las decisiones de ahorro y endeudamiento de los hogares a través del costo de los recursos con los cuales cuentan los intermediarios financieros para colocar nuevos créditos. El estado de la economía determina totalmente la regla de política monetaria que el banco central sigue con respecto a cada uno de sus instrumentos, esto es, dependiendo de cual sea el estado agregado de la economía, la autoridad monetaria escoge un mayor o menor nivel de encaje y de tasa de intervención. En el caso que aquí nos atañe se supondrá que el banco central sigue reglas anticíclicas en ambos instrumentos, es decir, entre mejor sea el estado general de la economía, la tasa de referencia y el requerimiento de encaje serán mayores. Por último, la autoridad monetaria ofrece repos a

los bancos comerciales de forma perfectamente elástica, es decir, les presta tantos fondos como demanden.

### 4.3. Hogares

Existe un continuo de hogares los cuales están indexados por  $i \in (0, 1)$ . Viven infinitos periodos, sólo derivan utilidad de su consumo y tienen como objetivo maximizar el flujo descontado de su utilidad

$$\text{máx } E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t^i) \quad (2)$$

en donde  $\beta \in (0, 1)$  es el factor de descuento intertemporal,  $u(\cdot)$  la función de utilidad instantánea y  $c_t^i$  el consumo de cada agente  $i$  en  $t$ . Estos agentes enfrentan choques idiosincráticos en su ingreso laboral sobre los cuales no se pueden asegurar. Específicamente, en cada periodo pueden recibir uno de los  $n_s$  diferentes ingresos laborales que existen en la economía. Dicho ingreso depende de un factor idiosincrático  $s_t$ , que pertenece a un conjunto finito  $S = \{1, 2, \dots, n_s\}$ . El factor idiosincrático afecta el conjunto de posibilidades de consumo y sigue una cadena de Markov de primer orden que sólo tiene un conjunto ergódico, no tiene estados absorbentes, y en donde la matriz de transición viene dada por:

$$\pi_s(s'|s) = \Pr(s_{t+1} = s' | s_t = s) \quad (3)$$

Adicionalmente, el estado de la economía afecta el ingreso de cada hogar. De esta forma, los ingresos laborales del hogar  $i$  en el periodo  $t$  equivalen a  $z_t s_t^i \bar{y}_t$ , en donde  $\bar{y}_t$  representa la media (entre estados agregados) del ingreso per-cápita de la economía en cada periodo. Dada la incertidumbre existente sobre el ingreso en cada periodo, los hogares recurren al sector bancario para suavizar su consumo y eliminar el efecto que tienen las fluctuaciones de su ingreso sobre su utilidad. Pueden acumular activos financieros ahorrando en depósitos en el sistema bancario  $D_t^i$ , o pueden desacumular solicitando créditos  $L_t^i$ . Los activos financieros netos al iniciar el periodo  $t$ , que equivalen a la diferencia entre depósitos y créditos, se resumen en la variable  $A_t^i$ . Los intereses sobre los depósitos y los créditos se pagan en el mismo periodo, esto es, los depósitos se hacen al iniciar cada periodo y se pagan al finalizar el mismo. Lo análogo ocurre con los créditos. Como es usual, las variables expresadas en mayúscula representan valores nominales.

Dado esto, para maximizar su utilidad, el hogar enfrenta la siguiente restricción presupuestaria

$$p_t c_t^i + A_{t+1}^i \leq A_t^i + p_t y_t^i + D_t^i r_t^d - L_t^i r_t^l \quad (4)$$

en donde  $r_t^d$  y  $r_t^l$  son las tasas que se pagan sobre los depósitos y créditos adquiridos en  $t$  y  $p_t$  es el precio del bien compuesto  $c_t$ . Los activos financieros netos evolucionan de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$A_{t+1}^i = D_t^i - L_t^i \quad (5)$$

Por último, los hogares enfrentan una restricción de endeudamiento: su deuda en cada periodo no puede sobrepasar lo que podrían pagar cuando reciben el peor choque de ingreso laboral por infinitos periodos dada la tasa de interés de los créditos. Esto se conoce como el límite natural de endeudamiento y se resume en la siguiente expresión:

$$A_t^i \geq -p_t y_{min}^i / r_t^l \quad (6)$$

El problema del hogar se puede reescribir en términos de ingreso real per-cápita promedio,

con lo que las ecuaciones (4), (5) y (6) se transforman en

$$\tilde{c}_t^i + \tilde{a}_{t+1}^i \leq \tilde{a}_t^i + z_t s_t^i + \tilde{d}_t^i r_t^d - \tilde{l}_t^i r_t^l \quad (7)$$

$$\tilde{a}_{t+1}^i = \tilde{a}_t^i - \tilde{l}_t^i \quad (8)$$

$$\tilde{a}_t^i \geq -z_1 s_1^i / r_t^l \quad (9)$$

Dado lo anterior, cada hogar  $i$  tiene el siguiente problema de programación dinámica<sup>5</sup>

$$v(a, s, z, F) = \max_{c, a'} u(c) + \beta \sum_{s'}^{n_s} v(a', s', z', F') \pi(z', s' | z, s) \quad (10)$$

sujeto a (7), (8) y (9) y con  $a' \in \mathcal{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ . Al resolver el problema del hogar, se supone que nunca se decide tener depósitos y préstamos simultáneamente, esto es, la solución considera  $a' > 0$  si se realizan depósitos o  $a' < 0$  si se solicitan créditos. En la anterior expresión  $F$  hace referencia a la función de distribución de activos financieros netos de la economía. Como se verá al especificar el problema de los bancos, las tasas de interés de equilibrio dependerán de la función de distribución de los activos financieros netos agregados,  $F$ . Dado que la ecuación de Euler para este problema es

$$\beta E_t [u'(c_{t+1}) \{1 + q_t r_{t+1}^d - (1 - q_t) r_{t+1}^l\}] = u'(c_t) \quad (11)$$

en donde  $q_t$  es una variable que toma el valor de 1 si el individuo decide realizar depósitos, y 0 si solicita créditos, el hogar debe formar sus expectativas con respecto a las tasas de interés, lo que implica tener en cuenta a  $F'$ , convirtiendo a la función de distribución en una variable de estado del problema de los hogares.

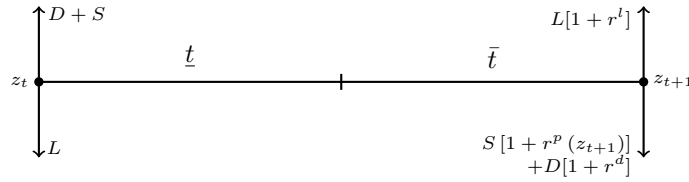
#### 4.4. Intermediarios financieros

Siguiendo a Diaz-Gimenez et al. (1992), se supone la existencia de un sector bancario que opera en competencia perfecta, con libre entrada y salida y con una tecnología de retornos constantes de escala en la producción de depósitos y créditos. Cada banco  $j$  tiene como función intermediar recursos entre los hogares que ahorran en depósitos  $D_{j,t}$ , ante lo cual se les paga una tasa de interés  $r_{j,t}^d$ , y los que solicitan préstamos  $L_{j,t}$ , a los que se les cobra una tasa  $r_{j,t}^l$ .

Aparte de los depósitos como fuente de financiamiento, los bancos pueden acceder a recursos  $S_{j,t}$  a través de operaciones repo con el banco central a una tasa de interés  $r_{t+1}^p(z_{t+1})$ , la cual desconocen al momento de tomar la decisión sobre  $S_{j,t}$  puesto que depende de la realización del choque agregado en el siguiente periodo. Adicionalmente, enfrentan un requerimiento de encaje fijado por la autoridad monetaria, esto es, deben mantener una fracción  $\rho(z_t)$  de los depósitos en reservas líquidas  $R_{j,t}$ . Con el propósito de reflejar el spread que se observa entre las tasas de captación y colocación, se supone que la intermediación financiera es costosa. El costo por unidad de depósitos o por unidad de crédito se denota con  $\kappa_d$  y  $\kappa_l$ , respectivamente.

Siguiendo a Betancourt y Vargas (2009), se supone que el problema de los bancos en cada periodo se puede dividir en dos sub-periodos,  $t = \{\underline{t}, \bar{t}\}$ . En el primer sub-periodo,  $\underline{t}$ , los intermediarios observan la demanda de crédito y la oferta de depósitos que deciden los hogares tras resolver su problema. Con esta información deciden cuantos fondos solicitar en calidad de repos con el banco central. Sin embargo, los bancos comerciales tienen incertidumbre con respecto a la tasa de interés que la autoridad monetaria les cobrará por estos créditos, puesto que la tasa a la que deben repagar estos repos depende el estado futuro de la economía, esto es, en el estado al finalizar  $\bar{t}$ . Dado que los intermediarios

<sup>5</sup> Como es usual en la literatura de programación dinámica,  $x = x_t$  y  $x' = x_{t+1}$ .

**Fig. 4:** Flujo de fondos de un banco comercial en  $t$ 

financieros no conocen dicha tasa en  $t$  enfrentan un riesgo de tasa de interés que se traslada a las tasas de interés de colocación y de captación que resuelven su problema de maximización de utilidad. Al finalizar el periodo, es decir en  $\bar{t}$ , los bancos repagan los repos a la tasa de interés que fijó el banco central al ver las nuevas condiciones agregadas,  $r_{t+1}^p(z_{t+1})$ . Adicionalmente, pagan una tasa  $r_{j,t}^d$  sobre los depósitos, y reciben el pago de intereses sobre los créditos que colocó a una tasa  $r_{j,t}^l$ . El flujo de fondos del banco en cada periodo se resume en la Figura 4.

Aunque en la práctica los intermediarios financieros conocen plenamente la tasa a la que deben repagar los repos que le soliciten al banco central, esta forma de modelar dicha operación pretende capturar el riesgo asociado a la tasa “efectiva” de la transacción. Para entender un poco mejor esto, es necesario explicar el procedimiento detrás de este tipo de operaciones.

Cuando un banco comercial acude al banco central para solicitarle un repo debe tener como colateral un activo líquido y poco riesgoso (en Colombia se emplean los TES). El banco comercial le transfiere temporalmente (durante el tiempo que dura el repo) el colateral y recibe los fondos que solicito a la tasa de política vigente en ese momento. Adicionalmente, al efectuar esta operación, el banco que solicitó el repo debe pagar una *haircut*, esto es, una cantidad de dinero tal que el banco central reduzca el riesgo de mercado implícito en las variaciones del precio del colateral durante el periodo de tenencia. Al finalizar esta transacción, el banco comercial repaga el repo a la tasa pactada, y recibe el colateral que había entregado como garantía.

Si bien cuando el intermediario financiero repaga el repo la tasa a la que lo hace es la pactada con anterioridad (a pesar de que en el transcurso de ese tiempo el banco central modifique su tasa de política), el valor de mercado del colateral pudo haber sufrido modificaciones que pueden incrementar o reducir los costos de la operación. Estas modificaciones pueden presentarse por acciones de política monetaria, como por ejemplo, variaciones en la tasa de interés. De esta forma, a pesar de que el intermediario financiero no enfrenta directamente un riesgo de tasa de interés, enfrenta el riesgo de mercado asociado a las variaciones del precio del colateral, lo que en definitiva se transfiere a la tasa efectiva a la cual se realiza el repo. La forma en cómo se incluye el riesgo de tasa de interés en el modelo busca capturar este efecto sin tener que incluir un nuevo activo financiero que haga las veces de colateral.

En este contexto, el problema intratemporal del banco representativo en cada periodo es maximizar su utilidad esperada del flujo neto de fondos, sujeto a su restricción de hoja de balance, y al requerimiento de encaje. Dado que el problema es intratemporal, se prescindirá de los subíndices temporales. Lo anterior se puede escribir como:

$$\max_{L,D,R,S} Eu(\tilde{w})$$

sujeto a

$$L = D + S - R \quad (12)$$

$$R \geq \rho(z_t) D \quad (13)$$

Se supone que los bancos comerciales tienen una función de utilidad CARA que depende del valor del flujo neto de fondos

$$u(w) = -\exp\{-\sigma w\} \quad (14)$$

en donde  $\sigma$  es el coeficiente absoluto de aversión al riesgo y el flujo neto de fondos equivale a

$$\tilde{w} = (D + S - L - R) + R + L(1 + r^l) - D(1 + r^d) - S(1 + \tilde{r}^p) - \kappa(D, L) \quad (15)$$

expresión en la que  $\tilde{w}$  y  $\tilde{r}^p$  hacen referencia a que se desconoce el valor del flujo de fondos y de la tasa de política al momento de resolver el problema. Dado que las reservas no son remuneradas y generan un costo de oportunidad por no ser posible colocarlas en forma de créditos, la restricción (13) se satisface con igualdad. Luego de reemplazar las restricciones (12) y (13), (15) se transforma en

$$\tilde{w} = (D(1 - \rho) + S)r^l - Dr^d - S\tilde{r}^p - \kappa(D, L)$$

Tras tomar una aproximación de segundo orden de la función de utilidad con respecto al valor esperado del flujo de fondos, el problema del banco representativo se puede reescribir como:<sup>6</sup>

$$\max_{D, S} E[\tilde{w}] - \frac{\sigma}{2} Var[\tilde{w}]$$

en donde

$$E[\tilde{w}] = (D(1 - \rho) + S)r^l - Dr^d - SE[\tilde{r}^p] - \kappa(D, L) \quad (16)$$

$$Var[\tilde{w}] = S^2 Var[\tilde{r}^p] \quad (17)$$

Dado que el banco representativo se encuentra en competencia perfecta, debe resolver para su demanda óptima de depósitos y repos tomando como dados los valores de  $E[\tilde{r}^p]$  y  $Var[\tilde{r}^p]$ . Adicionalmente, debe tener en cuenta la oferta de depósitos y la demanda de crédito que realicen los hogares, los cuales tienen en cuenta las decisiones de los intermediarios financieros con respecto a las tasas sobre dichos activos existentes en el mercado bancario, lo que refleja la recursividad del problema.<sup>7</sup> Tras resolver este problema se derivan las siguientes expresiones para la tasas activas y pasivas:

$$r^l = E[\tilde{r}^p] + \sigma S Var[\tilde{r}^p] + \kappa_l \quad (18)$$

$$r^d = (1 - \rho)(r^l - \kappa_l) - \kappa_d \quad (19)$$

De las condiciones de optimalidad del problema de los bancos se obtiene que el *spread* entre la tasa de interés de colocación y de captación es una función de los costos por unidad de depósitos y préstamos, y del requerimiento de encaje. De esta forma, el *spread* se puede escribir como

$$r^l(1 - \rho) - r^d = \kappa_l(1 - \rho) + \kappa_d \quad (20)$$

<sup>6</sup> Al tomar una aproximación de segundo orden se preserva la curvatura de la función de utilidad en el punto sobre el cual se realiza la expansión, lo que garantiza que la aversión al riesgo sigue jugando un rol importante en la solución del problema.

<sup>7</sup> Dado que los hogares escogen los depósitos y el crédito como proporción del ingreso real per-cápita promedio, los bancos resuelven su problema observando la distribución de  $\bar{y}_t \bar{d}_t^i$  y  $\bar{y}_t \bar{l}_t^i$ .

La anterior expresión está en línea con lo encontrado en la literatura, en donde se afirma que el spread refleja los costos de la intermediación financiera que aquí son los costos de producción y el costo de oportunidad que supone mantener reservas y no poder colocar dichos fondos como créditos. Ahora, ¿cómo afecta a las tasas de interés la restricción de endeudamiento que enfrentan los bancos comerciales con la autoridad monetaria? A partir de la ecuación (20) se podría concluir a primera vista que ni la tasa interbancaria, ni la incertidumbre con respecto a ella afectan el *spread*. Sin embargo, estos factores sí influyen en el valor de las tasas, puesto que reflejan el costo implícito de fondeo que supone solicitar recursos adicionales a través de repos.

Para cerrar el problema de los intermediarios financieros, se tiene que en equilibrio los bancos satisfacen su restricción de hoja de balance, esto es

$$L^d(r^l) = (1 - \rho) D^s(r^d, \rho) + S(r^d, r^l, \tilde{r}^p, \rho) \quad (21)$$

en donde  $L^d(r^l)$  es la demanda de crédito y  $D^s(r^d, \rho)$  la oferta de depósitos. Dado esto, la demanda que cada intermediario realiza por repos es

$$S = S(r^d, r^l, \tilde{r}^p, \rho) = L^d(r^l) - (1 - \rho) D^s(r^d, \rho) \quad (22)$$

expresión que ilustra el canal a través del cual opera la política monetaria: cambios en la tasa de política o en el encaje afectan directamente el esquema de fondeo del intermediario con el banco central, lo que luego se termina trasladando a las tasas activas y pasivas de la economía (ecuaciones (18) y (19)) generando una recomposición en las decisiones de endeudamiento y ahorro de los hogares.

En este contexto, el impacto que tiene un cambio en el encaje bancario depende negativamente del grado de sustituibilidad entre depósitos y repos, en donde la aversión al riesgo genera el espacio propicio para que actúe la política monetaria. Dado que existe riesgo de tasa de interés, el cambio de la demanda de repos ante variaciones en el encaje es

$$\frac{dS}{d\rho} = - \frac{[D^s + (1 - \rho) D_{r^d}^s (E[\tilde{r}^p] + \sigma \text{Var}[\tilde{r}^p])]}{\sigma \text{Var}[\tilde{r}^p] \left\{ L_{r^l}^d - (1 - \rho)^2 D_{r^d}^s \right\} - 1} > 0 \quad (23)$$

De esta forma, entre más aversos al riesgo sean los intermediarios financieros la demanda por repos aumentará en menor medida, es decir, se cumple que  $d^2S/(d\rho d\sigma) < 0$ . En ausencia de riesgo de tasa de interés, o si los bancos fueran neutrales al riesgo, los intermediarios buscarían con el banco central toda la liquidez que pierden por incrementos en el encaje, esto es

$$\frac{dS}{d\rho} = D^s + (1 - \rho) D_{r^d}^s r^p \quad (24)$$

Partiendo de estos resultados, se puede afirmar que el cambio en la demanda por repos ante variaciones del encaje será menor cuando los intermediarios financieros son aversos al riesgo si se cumple que  $S < (1 - \rho)^2 D_{r^d}^s E[\tilde{r}^p] - L_{r^l}^d E[\tilde{r}^p]$ .<sup>8</sup> Cuando esto ocurre, los cambios en el encaje no son contrarrestados completamente en el mercado interbancario por un banco central que adicionalmente sigue una política de tasas de interés, con lo que una política monetaria que emplea el encaje tiene un efecto en la dirección deseada.

## 5. El equilibrio

A continuación se presentan dos definiciones de equilibrio: el equilibrio estacionario y el equilibrio recursivo competitivo. Con respecto a la primera de ellas, se debe aclarar que

<sup>8</sup> Esta condición se satisface en los ejercicios numéricos que se presentan más adelante.



una economía que experimenta choques agregados no tendrá un equilibrio estacionario, puesto que las variables siempre estarán reaccionando a las fluctuaciones de la economía a medida que se experimentan nuevos choques. Sin embargo, esta definición será útil para entender las asignaciones del equilibrio estacionario ante diferentes niveles de requerimiento de encaje, análisis que se presentará más adelante.

Adicionalmente, la segunda definición, el equilibrio recursivo competitivo, tiene en cuenta la aleatoriedad en el estado de la economía y simula las sendas de las variables agregadas para una serie de tiempo de  $z_t$ . Con esta definición se realizará la comparación entre distintos tipos de política monetaria para cuantificar la importancia del encaje bancario en medio de una política contracíclica. Junto a ambas definiciones, se describen los algoritmos computacionales empleados para encontrar dichos equilibrios.

### 5.1. El equilibrio estacionario

En esta subsección se define el equilibrio estacionario para la economía artificial presentada anteriormente suponiendo que no se enfrentan choques agregados, esto es, para un nivel fijo de  $z_t = \bar{z}$ . Un equilibrio estacionario en esta economía artificial es uno en el que las variables agregadas y la distribución de los activos financieros permanecen constantes en el tiempo. Adicionalmente, el número de hogares en cada uno de los  $n_s$  estados de ingreso laboral es invariante. Sin embargo, los hogares considerados individualmente no están caracterizados por un nivel de riqueza financiera o estado laboral constante (Heer y Maußner, 2008).

El equilibrio estacionario para una política monetaria  $\{r^p(\bar{z}), \rho(\bar{z})\}$  dada está caracterizado por una función valor  $v(a, s)$ , unas funciones de política  $c(a, s)$  y  $a'(a, s)$  para el consumo y la riqueza financiera neta, una función de densidad invariante de la variable de estado  $x = (a, s) \in \mathcal{X} = S \times \mathcal{A}$ ,  $f(s_i, a)$ , uno vector de precios relativos constante  $\{r^l, r^d, y\}$  y un vector de cantidades agregadas invariantes  $\{A, D, L, C, S, R\}$  tales que

1. En el agregado, los activos financieros netos, los depósitos, la cartera, el consumo, los repos y las reservas, son obtenidas sumando entre los hogares

$$\begin{aligned} A &= \sum_{s \in S} \int_{a_{min}}^{\infty} a f(s, a) da & D &= \sum_{s \in S} \int_{a_{min}}^0 a f(s, a) da \\ L &= \sum_{s \in S} \int_0^{\infty} a f(s, a) da & C &= \sum_{s \in S} \int_{a_{min}}^{\infty} c(s, a) f(s, a) da \\ R &= \rho D & S &= L - (1 - \rho) D \end{aligned}$$

2. Las reglas de decisión  $c(a, s)$  y  $a'(a, s)$  resuelven el problema de los hogares en (10).
3. El mercado de bienes se vacía, i.e.  $C + A' + \kappa(D, L) = A + \sum_i y^i$ .
4. La distribución de la variable  $x = (a, s)$  es estacionaria:

$$F(s', a') = \sum_{s \in S} \pi(s'|s) F(s, a'^{-1}(s, a'))$$

5. Las tasas de interés activas y pasivas equilibran los mercados de depósitos y de crédito. Se cumplen las ecuaciones (19) y (18).

### 5.1.1. Método para encontrar el equilibrio estacionario

Ríos-Rull (1999) plantea un algoritmo que permite encontrar la distribución estacionaria de un modelo de crecimiento neoclásico. Dicho algoritmo es ampliado aquí para incorporar el problema de los bancos y la incertidumbre que enfrentan con respecto a la tasa de política.

---

#### Algoritmo 1 Cálculo de la función de densidad estacionaria

---

1. Se discretiza el estado espacio definiendo una grilla para la variable de estado endógena  $a$ ,  $\mathcal{A} = \{a_{min}, a_2, \dots, a_m\}$  de forma tal que  $a_{min}$  satisface (9). Dicha grilla es más fina que la que se usa para encontrar las funciones de política.
2. Luego se realiza un *guess* de las tasas de interés de los depósitos, créditos y los bonos.
3. Se define un contador  $k = 0$  y se inicializa la función de densidad  $f_0(s, a)$ . Aquí  $f_0(s, a)$  es una matriz de  $m \times n_s$ .
4. Posteriormente, se define  $f_{t+k}(s, a) = \mathbf{0}$  y para cada  $a \in \mathcal{A}$  y  $s \in S$  se calcula la función de política para  $a$ :  $a_{h-1} \leq a'(s, a) \leq a_h$ , esto es, se maximiza la función valor interpolando linealmente entre cada pareja de puntos de la grilla teniendo en cuenta la matriz de transición entre estados  $\pi(z', s'|z, s)$ .
5. Para cada  $a \in \mathcal{A}$  y  $s \in S$  se realiza lo siguiente

$$f_{t+k}(s', a_{h-1}) = \sum_{s \in S} \sum_{a \in \mathcal{A}} \pi(s'|s) \frac{a_h - a'}{a_h - a_{h-1}} f_k(s, a)$$

$$f_{t+k}(s', a_h) = \sum_{s \in S} \sum_{a \in \mathcal{A}} \pi(s'|s) \frac{a' - a_{h-1}}{a_h - a_{h-1}} f_k(s, a)$$

6. Se calcula los depósitos y la cartera agregada a partir de la distribución de  $a$ . Para la cartera se integra la función de densidad sobre  $(a_{min}, 0)$ , mientras que para los depósitos se integra sobre  $(0, a_m)$ .
7. Se soluciona el problema de los bancos utilizando como insumo los depósitos y la cartera agregada. De esta solución se obtienen  $r^d$  y  $r^l$ .
8. Se verifica que la función de densidad y la tasas de interés converjan. De no ser así, se regresa a 3. El criterio de convergencia usado fue:

$$\left( \sum_{i=1}^m f_k(s', a) a_i \right) \left( \sum_{i=1}^m f_{k-1}(s', a) a_i \right)^{-1} - 1 < \epsilon$$


---

## 5.2. Equilibrio competitivo recursivo

Un equilibrio competitivo recursivo se define por una función valor  $v(a, s|z, A)$ , unas funciones de política de los individuos  $c(a, s|z, A)$  y  $a'(a, s|z, A)$  para el consumo y la riqueza financiera neta, una función de densidad de la variable de estado  $x = (a, s) \in \mathcal{X} = S \times \mathcal{A}$ ,  $f(s_i, a|z, A)$ , uno vector de precios relativos  $\{r^l, r^d, y\}$  y un vector de cantidades agregadas  $\{A, D, L, C, S, R\}$  tales que, dadas las reglas del banco central,  $r^p(z')$  y  $\rho(z)$ :

1. En el agregado, los activos financieros netos, los depósitos, la cartera, el consumo, los repos y las reservas, son obtenidas sumando entre los hogares

$$\begin{aligned}
 A &= \sum_{s \in S} \int_{a_{min}}^{\infty} af(s, a|z, A) da & D &= \sum_{s \in S} \int_{a_{min}}^0 af(s, a|z, A) da \\
 L &= \sum_{s \in S} \int_0^{\infty} af(s, a|z, A) da & C &= \sum_{s \in S} \int_{a_{min}}^{\infty} c(s, a|z, A) f(s, a|z, A) da \\
 R &= \rho D & S &= L - (1 - \rho) D
 \end{aligned}$$

2. Las reglas de decisión  $c(a, s|z, A)$  y  $a'(a, s|z, A)$  resuelven el problema de los hogares en (10).
3. El mercado de bienes se vacía, i.e.  $C + A' + \kappa(D, L) = A + \sum_i y^i$ .
4. La distribución de la variable  $x = (a, s)$  tiene la siguiente dinámica

$$F'(s', a') = G(z, F)$$

5. Las tasas de interés activas y pasivas equilibran los mercados de depósitos y de crédito. Se cumplen las ecuaciones (19) y (18).

### 5.2.1. Método para encontrar la dinámica de la economía

Partiendo de la definición del equilibrio competitivo sería posible encontrar el vector de precios y cantidades que lo caracterizan. Sin embargo, y como lo afirma Ríos-Rull (1999),  $F(\cdot)$  es un objeto de infinitas dimensiones, por lo que computar el equilibrio estacionario requiere solucionar el problema del hogar y encontrar  $G(z, F)$ , una tarea imposible de realizar si se tiene en cuenta que la función  $G$  pertenece a un espacio de un conjunto de funciones de un espacio de infinitas dimensiones en él mismo.

Una alternativa para solucionar esto fue propuesta por Krusell y Smith (1998), partiendo del supuesto de que los individuos son racionalmente limitados, esto es, que sólo usan una parte de la información para predecir la ley de movimiento de los activos financieros netos. Más precisamente, los agentes caracterizan la distribución  $F$  a partir de  $I$  estadísticos,  $m = (m_1, \dots, m_I)$ . Krusell y Smith (1998) emplean únicamente el primer momento de  $F$  y suponen que los individuos predicen la dinámica de  $F$  a través de un proceso autorregresivo de primer orden.<sup>9</sup> Los autores de esta metodología encuentran en su investigación que, en equilibrio, las variables agregadas pueden ser casi perfectamente descritas a partir del primer momento (u otros más) de la distribución de la variable de estado endógena y el estado de la economía.

En el contexto del modelo presentado anteriormente, la variable relevante para los hogares al momento de formar sus expectativas con respecto a las tasas de interés de colocación y captación es  $S_t$ , los créditos del sistema financiero con el banco central. Su valor depende de por cuánto se exceda la cartera de equilibrio sobre los depósitos de los que disponen los intermediarios para otorgar esos créditos después de tener en cuenta el requerimiento de encaje, esto es,  $S_t = L_t - (1 - \rho) D_t$ . Teniendo en cuenta (5), lo anterior se puede reescribir como

$$S_t = -A_t + \rho D_t \quad (25)$$

De esta forma, para que los hogares formen sus expectativas “correctamente” bajo la metodología de Krusell y Smith (1998) no basta con que lo hagan con respecto al nivel agregado de su variable de estado endógena,  $a_t$ , sino que deberían conocer los momentos

<sup>9</sup> Encuentran que el error de pronóstico originado por omitir otros momentos de  $F$  es muy pequeño.

de dos de las tres variables de (25). Para solucionar este problema, y teniendo en cuenta que los hogares están racionalmente limitados, aquí se supone que forman sus expectativas con respecto a la variable de estado  $K_t$ , definida como

$$K_t = -A_t + \rho|A_t| \quad (26)$$

A partir de ella, los hogares pueden predecir con relativa precisión el verdadero valor de  $S_t$  empleando el proceso autorregresivo<sup>10</sup>

$$K_{t+1} = \gamma_{0z} + \gamma_{1z}K_t \quad (27)$$

en donde el subíndice de los coeficientes hace referencia a que sus valores cambian dependiendo del estado agregado de la economía.

El algoritmo que se uso para encontrar la dinámica de las variables agregadas de la economía es el propuesto por Krusell y Smith (1998) en donde se utiliza la variable  $K_t$  como proxy de  $S_t$  suponiendo que sigue la ecuación de movimiento (27). Dicho algoritmo es presentado a continuación.

---

**Algoritmo 2** Simulación de la dinámica de la economía

---

1. Se parte definiendo una forma funcional  $H_I$  para la ley de movimiento de los estadísticos escogidos de  $F$ , que en este caso sólo será su primer momento:

$$\begin{aligned} K' &= H_I(K, z) \\ &= \gamma_{0z} + \gamma_{1z}K \end{aligned}$$

y se fija unos valores iniciales para  $\gamma_{0z}$  y  $\gamma_{1z}$ .

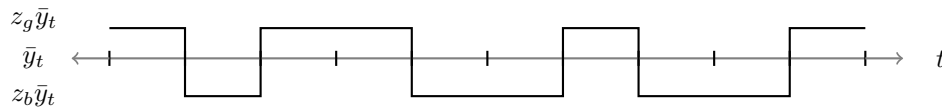
2. Se soluciona el problema del hogar empleando una grilla para la variable de estado endógena  $a$ ,  $\mathcal{A} = \{a_{min}, a_2, \dots, a_m\}$ , y la variable de con respecto a la que los individuos forman sus expectativas  $\mathcal{K} = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ , de forma tal que  $a_{min}$  satisface (9) y que  $\mathcal{K} \subset \mathcal{A}$ . Con la solución se encuentra  $v(a, s, z, k)$  interpolando linealmente entre los puntos de  $\mathcal{A}$  y  $\mathcal{K}$ .
3. Luego se simula la dinámica de la función de distribución para  $N_h$  hogares en  $T$  periodos a partir de  $H_I$  y de  $v(a, s, z, k)$ . Se emplean interpolación bilineal para encontrar las reglas de política de  $a'(a, s, z, k)$  y  $c(a, s, z, k)$ .
4. Se emplea la serie de tiempo simulada para el primer momento de la distribución para reestimar los parámetros de  $H_I$ .
5. Se verifica que los parámetros del proceso autorregresivo converjan, de lo contrario se regresa a 2. El criterio de convergencia empleado fue

$$\|\log(\Gamma_i - \Gamma_{i-1})\| < \epsilon$$

en donde  $i$  denota la iteración sobre los coeficientes del proceso autorregresivo y  $\Gamma = (\gamma_{0b}, \gamma_{0g}, \gamma_{1b}, \gamma_{1g})$ .

---

<sup>10</sup> Dentro de estado espacio sobre el cual se definió la grilla para la variable de estado agregada, la diferencia porcentual entre  $S_t$  y  $K_t$  se encuentra en el intervalo  $(-0.034, 0.039)$ .

**Fig. 5:** Senda hipotética para el ingreso per-cápita

## 6. Calibración

El modelo está calibrado para que un periodo sea aproximadamente 1/8 de año. En la parametrización de los ejercicios presentados a continuación se supuso que existen 10 estados de ingreso laboral, los cuales resultan de cinco posibles choques idiosincráticos ( $n_s = 5$ ) y de dos estados agregados de la economía ( $n_z = 2$ ): bueno y malo. Los estados del choque idiosincrático se obtuvieron aproximando una cadena de Markov de primer orden a partir de un proceso autorregresivo de orden 1 con la metodología de Tauchen (1986). La aproximación se realizó a partir del siguiente proceso AR(1):

$$\log s_t = \rho_s \log s_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

Como se acaba de mencionar, se supone la existencia de dos estados de la economía: buenos tiempos  $z_g$ , y malos tiempos  $z_b$ . En el primer estado el ingreso per-cápita de la economía es superior en 3.68 % con respecto a  $\bar{y}_t$  mientras que en el segundo el ingreso experimenta una reducción de 4.76 %, es decir,  $z = \{z_g, z_b\} = \{1.0368, 0.9524\}$ . Estos valores se obtuvieron de los percentiles 25 y 75 de la distribución del ciclo de un filtro Hodrick y Prescott sobre el logaritmo del PIB en el periodo 1994 - 2009. Para los ejercicios que consideran el equilibrio estacionario (en ausencia de choques agregados), se supone que  $z = \bar{z} = 1$ . El choque agregado no es a la tasa de crecimiento del ingreso per-cápita, sino a su nivel. Para ilustrar este punto, la Figura 5 muestra una posible senda para el ingreso per-cápita de la economía.

La escogencia de la matriz de transición de la cadena de Markov que determina la cuanto permanece la economía en cada estado se basó en Arango et al. (2007), quienes encuentran que la duración media del ciclo económico colombiano para el periodo 1980 - 2007 fue de 45.6 meses, con una probabilidad del 34 % de que le economía se encuentre en recesión y una del 66 % de que se encuentre en expansión. Dado esto, se calibró la siguiente matriz de transición

$$\Pi_z = \begin{pmatrix} \pi_{g|g} & \pi_{g|b} \\ \pi_{b|g} & \pi_{b|b} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.9502 & 0.0498 \\ 0.0967 & 0.9033 \end{pmatrix}$$

El valor del coeficiente de aversión absoluta de los intermediarios financieros se fijó trazando una equivalencia entre una función de utilidad CARA y una CRAA alrededor de la distribución estacionaria del modelo. Gran parte de la literatura coincide en que el coeficiente de aversión relativa al riesgo de una función de utilidad CRRA para los hogares se encuentra entre 1 y 5, por lo que  $w^{-1} \leq \sigma \leq 5w^{-1}$ , siendo  $w$  el valor de estado estacionario del flujo de fondos de los bancos. Con la simulación del modelo se obtiene que  $w \approx 0.08$ , por lo que  $\sigma \in (12.5, 62.5)$ .<sup>11</sup> Dado esto, se escogió  $\sigma = 15$ , valor que se encuentra relativamente cerca a el límite inferior de rango (12.5, 62.5), puesto que se esperaría que los intermediarios financieros tuvieran una baja aversión al riesgo y que esta fuera menor que la de los hogares.

Se definió una grilla para los activos financieros netos individuales en el intervalo  $\mathcal{A} \in [-7, 50]$  con  $m_a = 50$  puntos distribuidos equidistantemente. Para encontrar las

<sup>11</sup> El coeficiente de aversión absoluta al riesgo de una función CRRA es  $A_R(w) = \gamma w^{-1}$ , siendo  $\gamma$  la aversión relativa al riesgo. Dado que  $\gamma \in (1, 5)$ , entonces  $w^{-1} \leq \sigma \leq 5w^{-1}$ .

dinámicas de la economía, se empleó con una grilla para la variable con la que los hogares forman sus expectativas en el intervalo  $\mathcal{K} \in (-4, 5.5)$  con  $n_k = 5$  puntos. Adicionalmente, se trabajó con una función de utilidad instantánea para los hogares tipo CRRA de la forma<sup>12</sup>

$$u(c_t) = \frac{c_t^{1-\mu}}{1-\mu}$$

Los valores para los parámetros del modelo presentados en la Tabla 1 fueron calibrados para replicar el promedio de las razones de activos financieros a PIB en el periodo 1994 - 2009 bajo un encaje promedio para ese periodo del 7%. Más precisamente, los parámetros concernientes a los hogares provienen de una razón depósitos - producto del 1.02, y una razón de cartera neta a producto de 0.89, valores con los que se obtiene una razón activos financieros netos a PIB del 0.13. El modelo genera una relación activos financieros netos a producto del 0.12 en el largo plazo. Por otra parte, los valores para los parámetros que hacen referencia al costos de la intermediación financiera generan un spread de 7.35% anual en el largo plazo, valor cercano al observado en los datos para el periodo de estudio: 7.34% anual.

**Tab. 1:** Parámetros del modelo

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
$\mu$	3.00	$\kappa_l$	0.0157
$\beta$	0.84	$\rho_s$	0.20
$\sigma$	15	$\sigma_\varepsilon^2$	0.39
$\kappa_d$	0.0059		

## 7. Resultados y análisis cuantitativo

En esta sección se discuten los resultados cuantitativos que arroja el modelo. Como primera medida, se describen los mercados de depósitos y de crédito y se explica cuales son los factores que determinan el equilibrio en cada uno de ellos. Luego, se presenta un análisis acerca de cómo el requerimiento de encaje afecta el equilibrio estacionario, o de largo plazo, de la economía. Por último, se examina la efectividad de distintos tipos de política monetaria a través de una serie de simulaciones para cuantificar las reducciones en la volatilidad del ciclo que se logran cuando el encaje es usado simultáneamente con la tasa de interés y cuando es empleado como instrumento de último recurso. Estos últimos ejercicios permitirán concluir acerca de la efectividad del encaje.

### 7.1. Mercados de activos financieros

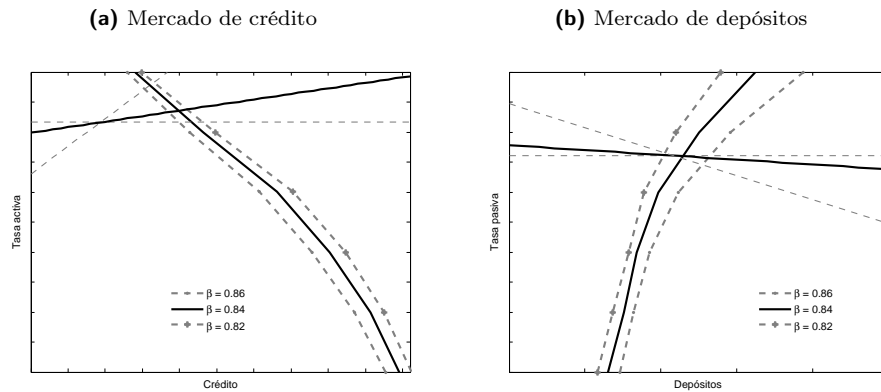
La demanda de crédito es efectuada por los hogares y proviene de la solución de su problema de programación dinámica expresado en (10). Del problema de los hogares se deriva que entre mayor sea la tasa de interés activa, menor será la demanda por crédito, puesto que les implica a los hogares sacrificar un mayor consumo futuro. El grado de sensibilidad de la demanda de crédito frente a la tasa de interés de colocación está directamente relacionado con el factor de descuento de los hogares  $\beta$ . Entre mayor sea la valoración que un hogar le otorgue al consumo presente, i.e. un menor  $\beta$ , la demanda por crédito será mayor pero más sensible a la tasa de interés dada la concavidad de la función de utilidad.

<sup>12</sup> Esta función se emplea habitualmente en la literatura de modelos de equilibrio general para caracterizar las preferencias de los hogares. Para el problema de los intermediarios financieros no hay unas preferencias que se empleen recurrentemente, por lo que se trabajó con una función CARA porque simplifica la solución analítica del modelo.



Por otra parte, la oferta de crédito se verá afectada por el grado de incertidumbre que enfrentan los intermediarios financieros con respecto a la tasa a la cual tendrán que repagar los repos. De esta forma, la pendiente de la oferta de crédito (que se obtiene para un nivel de depósitos fijo) depende de la varianza de la tasa de política y del coeficiente de aversión absoluta al riesgo de los banqueros, esto es, de  $\sigma Var(r^P)$ . Esto quiere decir que si un banco es más averso al riesgo, cobrará una mayor tasa de interés sobre los créditos de otorgue, para compensar el riesgo en el que incurre al acudir por recursos al banco central. Un banco neutral al riesgo, i.e  $\sigma = 0$ , tendrá una curva de oferta de crédito horizontal en  $r^l = E(r^P) + \kappa_l$ .

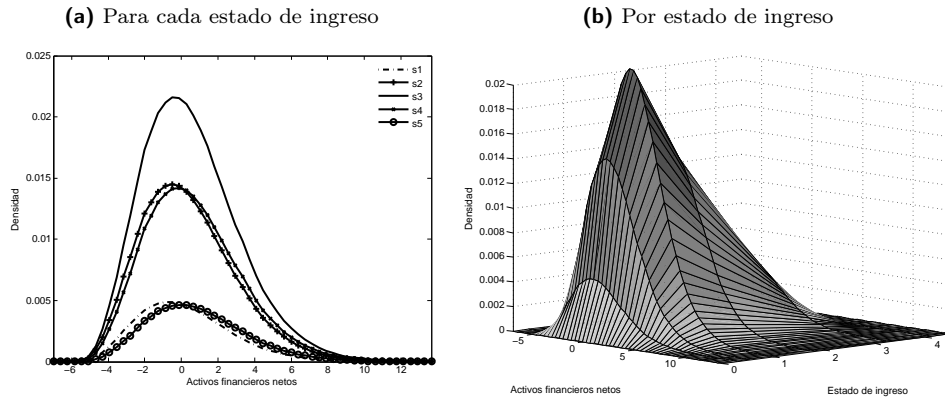
**Fig. 6:** Mercados financieros



Aunque no se modela explícitamente en este artículo, el grado de aversión al riesgo es una herramienta que podría generar un efecto multiplicador o de acelerador financiero en el mercado de crédito y acentuar el efecto de la política monetaria. Es bien conocido que en épocas de recesión económica, los bancos comerciales elevan sus exigencias para la asignación de nuevos créditos, mientras que ocurre lo contrario cuando la economía se encuentra bien. De esta forma, resulta razonable pensar en que los intermediarios financieros son más proclives a asumir un mayor riesgo de crédito en momentos de auge, lo que en términos del modelo se podría traducir en un coeficiente de aversión al riesgo contracíclico. Esto implicaría una curva de oferta de crédito más empinada en momentos de recesión. Para entender un poco más este efecto, las simulaciones que se realizan en la subsección 7.3 consideran distintos coeficientes de aversión absoluta al riesgo.

Para que los bancos empiecen a otorgar créditos se requiere que la tasa de interés a la cual se cruza la oferta con la demanda sea mayor a  $E(r^P) + \sigma SVar[r^P] + \kappa_l$ , de forma que los intermediarios puedan cubrir sus costos. La Figura 6a presenta un ejercicio en el cual se encuentran la oferta y la demanda de crédito en el equilibrio estacionario para un nivel fijo de depósitos y distintos factores de descuento en ausencia de choques agregados. También se muestra como cambia la oferta de crédito ante diferentes niveles de aversión absoluta al riesgo por parte de los intermediarios financieros.

Por su parte, el mercado de depósitos tiene como oferentes a los hogares y a los bancos como demandantes. La oferta de depósitos agregada se obtiene de sumar entre los hogares sus activos financieros netos positivos óptimos a diferentes tasas de interés de captación. De forma similar a lo que ocurre con la demanda de crédito, la pendiente de la oferta de depósitos depende del factor de descuento intertemporal: si un hogar valora más el consumo futuro que el presente, su oferta de depósitos será mayor, y a la vez más sensible a la tasa de interés. Nuevamente esto ocurre por la curvatura de la función de utilidad y

**Fig. 7:** Distribución invariante de activos

más específicamente por la aversión al riesgo de los hogares.

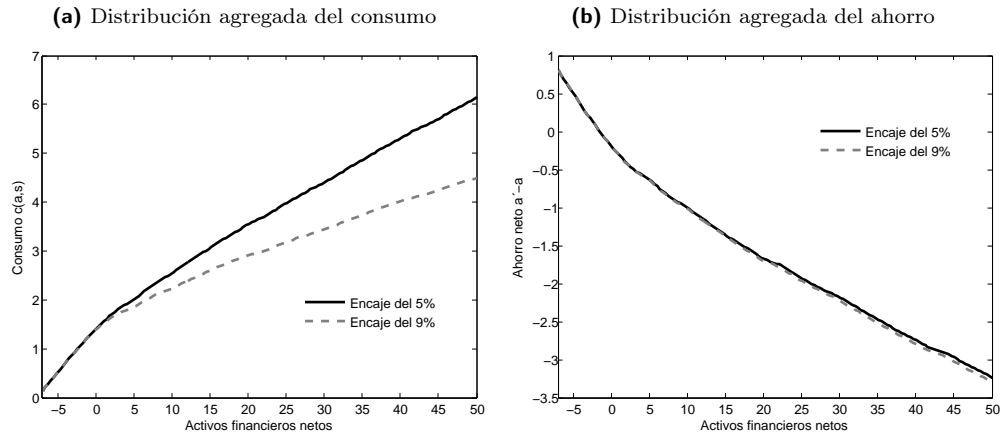
Entre tanto, al igual que ocurre con la oferta de crédito, la pendiente de la demanda de depósitos depende del grado de incertidumbre con respecto a  $r^p$ : entre mayor sea la incertidumbre con respecto al costo de los fondos que los intermediarios pueden conseguir con la autoridad monetaria para un nivel fijo de crédito, más grande será el riesgo que los bancos trasladaran a la tasa de interés pasiva. Si el grado de incertidumbre no es relevante para un banco comercial, esto es, si el banco es neutral al riesgo, su curva de demanda por depósitos será horizontal. El mismo ejercicio que se realiza para el mercado de crédito, también se hace para el mercado de depósitos pero dejando un nivel de crédito fijo. Los resultados se presentan en la Figura 6b.

## 7.2. Efecto del requerimiento de encaje sobre el equilibrio estacionario

Se computó el equilibrio estacionario de esta economía que se definió en el apartado 5.1. Los resultados se presentan en la Figura 7. En ella se puede observar que para cada nivel de estado de ingreso se tendrá una función de densidad de activos financieros netos. Esto quiere decir que en el equilibrio estacionario siempre se concentrará una fracción invariante de la población en cada nivel de ingreso, y que dicho grupo poblacional presentará una distribución de activos como la que se muestra en la figura para su nivel de ingreso. El área bajo la curva de cada una de las funciones de densidad por estado laboral equivaldrá al valor de la distribución ergódica de la cadena de Markov de  $s_t$  en cada estado.

En la Figura 7 se observa que, sin importar el estado de ingreso, siempre existirán hogares que ahorran y otros que se endeudan. Esto ocurre porque los hogares conocen las probabilidades de cambiar de estado de ingreso a partir del estado en el que se encuentran, y dado el stock de activos financieros netos acumulados (el cual es producto de la historia de choques idiosincráticos que recibió), deciden con respecto a ahorrar y endeudarse y en que monto hacerlo. Como en cada momento se tendrán hogares con variadas historias y niveles de activos financieros netos, también se presentará heterogeneidad entre las decisiones de cada uno, generando una función de densidad con soporte en  $\mathbb{R}^+$  y  $\mathbb{R}^-$ .

Como se observa en la figura, el modelo está parametrizado para que en el equilibrio estacionario, en ausencia de choques agregados de ingreso, la demanda de crédito sea levemente inferior a la oferta de depósitos (por eso la media de la distribución está cercana a cero), de forma tal que los intermediarios financieros, al tener en cuenta el requerimiento de encaje, se vean en la necesidad de recurrir a la autoridad monetaria para obtener recur-

**Fig. 8:** Consumo y ahorro en equilibrio estacionario

tos adicionales que les permitan atender las solicitudes de nuevos préstamos efectuadas por los hogares.

Ahora, ¿cómo afecta el requerimiento de encaje las asignaciones del equilibrio estacionario? A continuación se presenta un ejercicio en el cual se calcula la distribución del consumo y el ahorro por nivel de activos financieros netos para toda la población con dos niveles distintos de encaje, a saber  $\rho = \{0.05, 0.09\}$ . Como se observa en la Figura 8a, el encaje afecta negativamente los niveles de consumo, efecto que se concentra sobre los hogares que tienen activos financieros netos positivos. De igual forma, un mayor requerimiento de encaje desestimula el ahorro e incrementa el endeudamiento en los hogares con niveles de activos financieros altos. ¿Por qué ocurre esto? El requerimiento de encaje afecta directamente a la tasa activa y a la tasa pasiva (ecuaciones (18) y (19)). A la primera de ellas la afecta positivamente, puesto que los intermediarios deben mantener unas mayores reservas y se ven obligados a financiarse por un mayor monto con el banco central, lo que se traduce en crédito más caro y en una menor demanda del mismo. De esta forma, el consumo en los hogares que recurren al crédito para financiarlo (los de mayores activos financieros, Figura 8b) se ve afectado negativamente. Sin embargo, dado que un  $\rho$  más alto afecta directamente y de forma negativa a la tasa pasiva, los niveles de ahorro también son menores. En el neto, bajo la calibración empleada y en ausencia de choques agregados, los cambios sobre las tasas de captación y colocación se traducen en menores niveles de consumo privado, y por ende, en un mayor costo en bienestar.

No obstante los costos en bienestar que supone incrementar el requerimiento de encaje, se debe tener en cuenta que este es un modelo en donde no hay quiebras de bancos, crisis financieras, y en general, situaciones extremas que puedan suponer mayores costos para la economía. Luego, el costo de los ciclos económicos es relativamente bajo con respecto al que se tendría si se adicionasen dichos elementos. Dado esto, es probable que los beneficios de estabilizar el ciclo a través del encaje sean mayores que los costos que supone.

### 7.3. Encaje y tasa de interés como instrumentos para suavizar el ciclo

En el presente documento se realizan cuatro experimentos que buscan responder el interrogante de esta investigación: ¿qué tan complementarios o suplementarios son las tasas de interés y los requerimientos de encaje para la conducción de la política monetaria? Para esto se definió un escenario base en donde el banco central controla de forma anticíclica

**Tab. 2:** Varianza del consumo y los activos financieros por tipo de política monetaria

Política	Consumo			Activos financieros		
	$\sigma = 0.0$	$\sigma = 15$	$\sigma = 30$	$\sigma = 0.0$	$\sigma = 15$	$\sigma = 30$
Encaje y tasa	0.0099 (49.6 %)	0.0087 (56.8 %)	0.0069 (63.6 %)	0.0050 (59.1 %)	0.0042 (66.7 %)	0.0029 (74.3 %)
Sólo tasa de interés	0.0099 (49.6 %)	0.0117 (42.2 %)	0.0118 (38.3 %)	0.0050 (59.9 %)	0.0062 (50.8 %)	0.0060 (47.4 %)
Sólo encaje	0.0196 (0.0 %)	0.0159 (21.1 %)	0.0116 (39.8 %)	0.0122 (0.0 %)	0.0093 (26.3 %)	0.0059 (48.4 %)
Ninguna	0.0196	0.0202	0.0191	0.0122	0.0126	0.0114

\* Entre paréntesis se presentan las reducciones porcentuales con respecto a una política monetaria pasiva (última fila).

ambos instrumentos, con el cual se configuraría una política monetaria complementaria entre tasa de interés y encaje bancario. Adicionalmente, se contempla un escenario en el que la autoridad monetaria sólo tiene a su disposición el manejo de la tasa de interés mientras que el requerimiento de encaje permanece fijo, y otro en el que sucede lo contrario. Con estos dos escenarios se pretende evaluar la sustituibilidad entre ambos instrumentos de política monetaria. A manera de comparación se tuvo en cuenta un escenario en el que la política monetaria no reacciona y fija el valor de sus instrumentos en su promedio.

De acuerdo las estimaciones de González et al. (2010), en el periodo 2000-2010 la tasa de interés real a 90 días se ha movido en un rango ubicado entre 0.53 % y 5.24 %. Estos valores se emplearon para el escenario base, con lo que el banco central fija una tasa de referencia igual al  $\bar{r}^p = 0.64\%$  (5.24 % anual) en los buenos tiempos y de  $\underline{r}^p = 0.066\%$  (0.53 % anual) en los malos tiempos. De igual forma, establece un requerimiento de encaje equivalente al  $\bar{\rho} = 9\%$  si la economía se encuentra bien, mientras que fija uno del  $\underline{\rho} = 5\%$  si ocurre lo contrario. En los dos escenarios alternativos se mantiene una de las reglas mientras que el otro instrumento de fija en el promedio de lo que sería una política contracíclica. En el último escenario, el encaje y la tasa de interés se fijan en el promedio de los intervalos anteriores.

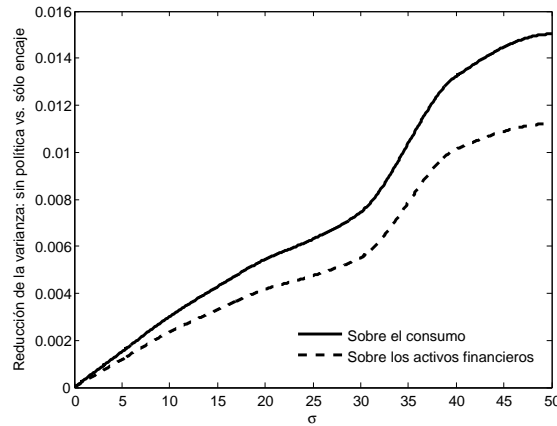
Sobre estos cuatro escenarios se implementó el Algoritmo 2 para  $N_h = 1000$  hogares en  $T = 2000$  periodos. La efectividad de la política monetaria contracíclica se medirá a través de la volatilidad de las variables agregadas, a saber, el consumo y los activos financieros netos. En este contexto, una determinada política monetaria es más efectiva que otra si genera una menor volatilidad sobre los agregados macroeconómicos.

Adicionalmente, y con el propósito de reflejar la importancia que tiene la percepción de riesgo de los intermediarios financieros en la transmisión de la política monetaria, los resultados de las simulaciones que se presentan a continuación consideran tres distintos valores para el coeficiente de aversión absoluta al riesgo, a saber  $\sigma = \{0, 15, 30\}$ .

La varianza del consumo y de los activos financieros netos para los cuatro escenario y distintos valores del coeficiente de aversión absoluta al riesgo se presenta en la Tabla 2.

Como se observa, cualquier escenario en donde la política monetaria actúa de forma contracíclica es preferible que uno en donde el banco central no emplea sus instrumentos de política. Esto resulta claro por la reducción en su varianza que experimentan en el consumo y los activos financieros netos. A partir de estos resultados, también es necesario resaltar que el canal a través del cual opera el requerimiento de encaje requiere que los bancos sean aversos al riesgo. Si los bancos son neutrales al riesgo ( $\sigma = 0$ ), el riesgo de tasa de interés no es relevante en el problema de los intermediarios, puesto que se presenta perfecta sustituibilidad entre depósitos y repos como fuentes de financiamiento. En otras palabras, como la incertidumbre no afecta la demanda por repos, su costo no se traslada a la tasa de interés de colocación.

Es precisamente por esta razón que la reducción de la volatilidad del consumo y de

**Fig. 9:** Efecto cuantitativo del encaje y aversión al riesgo

los activos financieros netos es nula cuando  $\sigma = 0$  si se compara una política contracíclica que sólo emplea el encaje con una que no reacciona ante las condiciones de la economía. A mediada que  $\sigma$  toma mayores valores este efecto se va ampliando, puesto que el canal a través del cual se transmite la política monetaria que emplea en encaje se va ensanchando y se beneficia de la mayor aversión al riesgo de los intermediarios. Si la aversión es mayor, la oferta de crédito y la demanda de depósitos, tendrán una mayor pendiente, lo que implica que las tasas de interés de equilibrio en estos mercados serán más susceptibles ante cambios en el requerimiento de encaje (ver ecuaciones (18) y (19)).

En este contexto, la varianza del consumo, si se compara la segunda política monetaria menos efectiva con un escenario en donde el banco central no es activo, se reduce 21.1 % y 39.8 % para  $\sigma = 15$  y  $\sigma = 30$ . De igual forma, para estos mismos valores del coeficiente  $\sigma$ , la varianza de los activos financieros netos es inferior en 26.3 % y 48.4 % cuando se aplica una política monetaria contracíclica de encaje bancario. Con la idea de ilustrar el papel que juega la aversión al riesgo en el modelo, la Figura 9 muestra como se amplía el efecto cuantitativo de esta política monetaria contracíclica sobre el consumo y los activos financieros netos agregados a medida que el coeficiente de aversión absoluta al riesgo toma valores más altos.

Si bien el encaje reduce la varianza del consumo y de los activos financieros netos, y lo hace en mayor medida para mayores valores de  $\sigma$ , su efecto es menor si se compara con una política enfocada en el manejo de la tasa de interés. Esta política es bastante acertada en la reducción de la volatilidad del ciclo económico. Su implementación reduce la varianza del consumo y de los activos financieros netos en 38.3 %, y 47.4 %, en el peor de los casos ( $\sigma = 30$ ), y en 49.6 %, y 59.9 % cuando  $\sigma = 0$ , resultado que demuestra por qué es la principal herramienta de política monetaria.

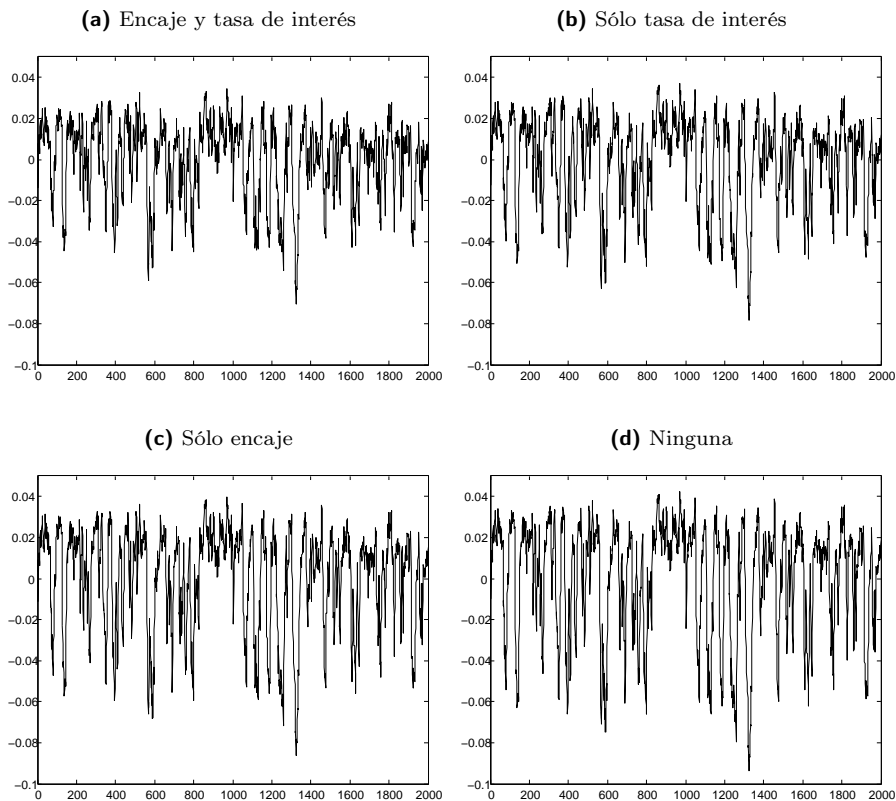
A pesar de que se acaba de señalar que el efecto que tiene el encaje sobre la volatilidad del ciclo es menor que el que tiene la tasa de interés, entre mayor sea la aversión al riesgo de los intermediarios financieros su impacto cobra mayor importancia. A mayor aversión, el efecto cuantitativo que tiene la política de tasa de interés se reduce, dándole un mayor margen de efectividad al encaje bancario. Esto da lugar para afirmar que, sean cuales sean las condiciones estructurales que afectan las decisiones de los intermediarios financieros, la mejor reacción que puede contemplar el banco central es hacer uso de los dos instrumentos de política, puesto que el encaje ayuda a reforzar el efecto que tiene el manejo de la tasa de intervención. De esta forma, la volatilidad del consumo se reduce en 49.6 %, 56.8 %, y 63.6 %, para  $\sigma = \{0, 15, 30\}$ , con respecto a un escenario en el que la autoridad monetaria

deja invariante el encaje y la tasa de interés de intervención.

Para tener mayor claridad con respecto a los anteriores resultados, la Figura 10 muestra la volatilidad del consumo medida como desviaciones porcentuales con respecto a su media, de los cuatro distintos escenarios política para  $\sigma = 15$  durante los 2000 periodos de la simulación. Como se puede observar, el implementar una política contracíclica que se apoya en ambos instrumentos reduce de forma importante las fluctuaciones en el consumo. A simple vista se puede notar que la serie del consumo en caso de que el banco central no implemente política alguna es mucho más volátil que las otras cuatro, puesto que su varianza, como lo muestra la Tabla 2, es de 0.0202. Al incluir el encaje como primer instrumento de política contracíclica con la regla especificada anteriormente, la volatilidad de consumo se reduce levemente, llegando a una varianza de 0.0159. Tal como se había dicho anteriormente, el mayor impacto de la política monetaria se da cuando opera a través del canal de la tasa de interés. La volatilidad del consumo de una política que sólo actúa empleando la tasa de interés es considerablemente menor a los dos escenarios considerados anteriormente (ver panel 10b).

Cuando se emplean conjuntamente el encaje y la tasa de interés, la volatilidad se reduce un poco más, con lo que se obtiene una varianza de 0.0087 en el consumo agregado, la menor si se compara con las otras tres políticas monetarias aquí consideradas. Esto permite pensar que, si bien el impacto individual que tiene el encaje sobre la volatilidad del ciclo económico es mucho menor que el de la tasa de interés, puede actuar como un instrumento que apoye de forma efectiva una política monetaria un poco más tradicional.

**Fig. 10:** Senda de consumo para los cuatro escenarios con  $\sigma = 15$ . Desviaciones porcentuales de su media.





#### 7.4. Encaje como instrumento de último recurso

En esta sección se realiza un ejercicio cuantitativo que permite evaluar la efectividad del encaje bancario cuando se emplea como instrumento de política monetaria en situaciones extremas. Más precisamente, dado que el banco central puede llegar a enfrentarse a un límite inferior al momento de fijar su tasa de intervención (conocido como el *zero lower bound*), se explora que tan acertado es hacer uso del encaje cuando no es posible reducir más la tasa de interés.

Para esto se adiciona un estado adicional a la economía, el cual se denominara “crisis”. Con esto, para el siguiente experimento se tienen tres estados de la economía: buenos tiempos, malos tiempos, y crisis. En este último estado se supone que el ingreso experimenta una reducción adicional del 4.72 % del ingreso per-cápita con respecto a los malos tiempos,<sup>13</sup> por lo que  $z_t = \{z_g, z_b, z_c\} = \{1.0368, 0.9524, 0.9052\}$ . Adicionalmente, la matriz de transición entre estados se modificó para incluir esta nueva posible realización del choque agregado:

$$\Pi_z = \begin{pmatrix} \pi_{g|g} & \pi_{g|b} & \pi_{g|c} \\ \pi_{b|g} & \pi_{b|b} & \pi_{b|c} \\ \pi_{c|g} & \pi_{c|b} & \pi_{c|c} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.9502 & 0.0498 & 0.0000 \\ 0.1277 & 0.8065 & 0.0657 \\ 0.0000 & 0.2056 & 0.7944 \end{pmatrix}$$

en donde los valores fueron calibrados de forma tal que se preserve una probabilidad del 66 % de que la economía se encuentre en expansión y del 34 % que se encuentre en contracción (que incluye malos tiempos y crisis). Esta matriz de transición tiene en cuenta que no es posible pasar de buenos tiempos a crisis sin que la economía se encuentre antes en malos tiempos.

Ahora, se supone que el banco central sigue una regla contracíclica en su tasa de interés, es decir, fija una tasa alta  $\bar{r}^p = 0.64\%$  (5.24 % anual) si la economía está en buenos tiempos y una tasa baja  $\underline{r}^p = 0.066\%$  (0.53 % anual) si está contrayéndose (malos tiempo y crisis). A diferencia de las simulaciones presentadas en el apartado 7.3, el banco central sólo hace uso del encaje en momentos de crisis, en los cuales fija un requerimiento de reservas sobre depósitos del  $\underline{\rho} = 5\%$ . En los dos estados restantes de la economía (buenos y malos tiempos), el encaje permanece en  $\rho = 7\%$ .

Aquí también se realizan simulaciones para tres escenarios: uno en donde el banco central sigue una regla contracíclica en la tasa de interés y emplea el encaje como instrumento de último recurso, otro en donde sólo hace uso de la tasa de política, y un tercero con una política monetaria pasiva en el cual la tasa de interés y el encaje permanecen en sus valores promedio. Al igual que en el ejercicio anterior, la efectividad de cada una de las políticas se mide a partir de las reducciones en la varianza del consumo y de los activos financieros. Sin embargo, para cuantificar la importancia de una política monetaria que emplea el encaje en épocas de crisis, es necesario saber si la política contracíclica evita fuertes contracciones de la actividad económica en dichos momento. Por esta razón, también se discute acerca de la media del consumo en periodos de crisis para evaluar la efectividad de esta política. Estos resultados para  $\sigma = \{0, 15, 30\}$  se presentan en la Tabla 3.

Como se observa en la Tabla 3, el encaje es un instrumento de política monetaria efectivo en este contexto. Para cualquier  $\sigma > 0$ , reducir el requerimiento de reservas sobre depósitos disminuye la volatilidad del ciclo cuando no es posible modificar más la tasa de interés. De esta forma, cuando  $\sigma = 15$  emplear los dos instrumentos de la forma descrita anteriormente, reduce la varianza del consumo en 51.2 % con respecto a un escenario en donde el banco central tiene un política monetaria pasiva, mientras que si sólo hace uso de la tasa de interés, la volatilidad del consumo experimenta una caída del 48.6 %. Caso similar ocurre con la varianza de los activos financieros netos agregados.

<sup>13</sup> Este valor se obtiene del percentil 10 de la distribución del ciclo del filtro Hodrick y Prescott del PIB.

**Tab. 3:** Varianza y media en crisis del consumo por tipo de política monetaria

Política	Varianza			Media en épocas de crisis		
	$\sigma = 0.0$	$\sigma = 15$	$\sigma = 30$	$\sigma = 0.0$	$\sigma = 15$	$\sigma = 30$
Encaje y tasa	0.0053 (57.6%)	0.0064 (51.2%)	0.0060 (51.6%)	4.2715 (1.27%)	4.8876 (0.97%)	5.4127 (0.18%)
Sólo tasa de interés	0.0053 (57.6%)	0.0067 (48.6%)	0.0067 (45.5%)	4.2715 (1.27%)	4.8772 (1.18%)	5.3888 (0.62%)
Ninguna	0.0126	0.0131	0.0124	4.3267	4.9355	5.4226

\* Entre paréntesis se presentan las reducciones porcentuales con respecto a una política monetaria pasiva (última fila).

Tal como ocurrió en el experimento presentado en la sección 7.3, el efecto cuantitativo del encaje se va ampliando conforme el coeficiente de aversión absoluta al riesgo se incrementa. Es así como la reducción porcentual de la varianza del consumo es superior en 5.5 % cuando  $\sigma = 30$ .

Adicionalmente, emplear el encaje bancario en este contexto atenúa el efecto de la crisis. La media del consumo en épocas de crisis es superior en 0.21 % y 0.44 % para  $\sigma = \{15, 30\}$  cuando se emplean ambos instrumentos con respecto a un escenario en el que sólo se hace uso de la tasa de interés. Sin embargo, la media del consumo es mayor cuando la política monetaria es pasiva. Esto supone un *trade off*, para los *policy makers*, puesto que deben encontrar un balance entre los beneficios que supone para la economía una mayor volatilidad en el ciclo económico, y los costos que se derivan del encaje y que se traducen en un menor nivel de consumo.

## 8. Conclusiones

Esta investigación estudia los efectos macroeconómicos de la política monetaria cuando emplea como instrumentos la tasa repo y el encaje. También, se pregunta sobre el grado de complementariedad de estos instrumentos. Para esto se planteó un modelo de equilibrio general con heterogeneidad en los hogares e intermediarios financieros homogéneos, pero aversos al riesgo, y se simuló distintos escenarios de política monetaria que empleaban o no, el encaje bancario y la tasa de interés como instrumentos de política monetaria contracíclica.

Los resultados indican que, si bien el encaje produce resultados satisfactorios para reducir la volatilidad en el ciclo económico, su efecto es considerablemente menor que el logrado cuando el banco central usa la tasa de interés. Sin embargo, a pesar de que el encaje no tiene la misma efectividad de la tasa de interés, es un instrumento que permite reforzar una política que se enfoca en el manejo de la tasa repo. Este efecto complementario se hace más importante a medida que los bancos comerciales sean más aversos al riesgo. De esta forma, cuando se usan de forma conjunta ambos instrumentos, las fluctuaciones de la economía se reducen aún más que en los escenarios en donde la política monetaria actúa con uno sólo de ellos o no actúa. Adicionalmente, se mostró que un aumento del encaje bancario, dejando constante la tasa de interés, reduce el nivel de consumo. Esta política opera principalmente sobre los hogares que tienen una mayor riqueza financiera.

A pesar del costo que trae incrementar el requerimiento de encaje, las ganancias de reducir las fluctuaciones del ciclo económico pueden ser mucho mayores que las arrojadas en los ejercicios cuantitativos presentados aquí. Esto porque la menor volatilidad en el ciclo económico puede evitar fenómenos que resultarían más costosos, como crisis financieras, quiebras de firmas, entre otras. Simultáneamente, favorece a las decisiones de inversión vía menor incertidumbre con respecto a las condiciones futuras de la economía. Todos

estos factores, que no son considerados en el modelo, pueden compensar los costos que supone la manipulación del encaje.

También se mostró que el encaje bancario puede ser utilizado con éxito cuando ya no es posible modificar la tasa de interés. Un posible escenario que puede ilustrar esto, se presenta cuando la tasa de interés del banco central alcanza el *zero lower bound*, por lo que la autoridad monetaria no tiene más margen para reducir su tasa de referencia. Cuando esto ocurre, reducir el encaje en momentos en los que la economía se está contrayendo contribuye a reducir la volatilidad del ciclo económico y evita que se pierda la profundidad ganada por el sistema financiero. Sumado a esto, esta política monetaria atenúa el impacto de la crisis sobre la actividad económica si se compara con una política que sólo emplea la tasa de interés. No obstante, la media del consumo es mayor cuando la política monetaria es pasiva. Esto supone un *trade off*, para los hacedores de política, puesto que deben encontrar un balance entre los beneficios que supone para la economía una mayor volatilidad en el ciclo económico, y los costos que se derivan del encaje y que se traducen en un menor nivel de consumo.

Para futuras investigaciones queda como tarea darle un rol más importante a la aversión al riesgo del sistema bancario, teniendo en cuenta que el deseo de los intermediarios financieros de asumir mayores riesgos es menor en momentos de crisis, lo que ocasiona que la curva de oferta de crédito se empine más en esos momentos. Lo anterior resulta relevante tras observar los resultados del modelo para distintos coeficientes de aversión al riesgo. Este resultado debe ser tenido en cuenta por el banco central, puesto que el canal a través del cual opera la política monetaria se puede ampliar o reducir dadas las condiciones del mercado de crédito y la percepción del riesgo de los bancos comerciales.

## Referencias

- Aiyagari, S. R. (1994). Uninsured idiosyncratic risk and aggregate saving. *The Quarterly Journal of Economics*, 109(3):659–84.
- Arango, L. E., Arias, F., Flórez, L. A., y Jalil, M. (2007). Cronología de los ciclos de negocios recientes en Colombia. *Borradores de Economía No. 461*, (Banco de la República).
- Betancourt, R. y Vargas, H. (2009). Encajes bancarios y tasas de interés. *Ensayos Sobre Política Económica (ESPE)*, 27(59):46–82.
- Cúrdia, V. y Woodford, M. (2009). Credit spreads and monetary policy. NBER Working Papers 15289, National Bureau of Economic Research.
- Díaz-Giménez, J., Prescott, E. C., Fitzgerald, T., y Alvarez, F. (1992). Banking in computable general equilibrium economies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 16(3-4):533–559.
- Edwards, S. y Végh, C. A. (1997). Banks and macroeconomic disturbances under predetermined exchange rates. *Journal of Monetary Economics*, 40:239–278.
- Faia, E. y Monacelli, T. (2007). Optimal interest rate rules, asset prices, and credit frictions. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(10):3228–3254.
- Ganapolsky, E. J. (2003). Reserve requirements, bank runs, and optimal policies in small open economies. *Federal Reserve Bank of Atlanta Working Paper*, (2003-39).
- Gerali, A., Neri, S., Sessa, L., y Signoretti, F. M. (2008). Banking and credit in a DSGE model. *Banca d' Italia Working Paper*.

- González, E., Melo, L. F., Rojas, L. E., y Rojas, B. (2010). Estimations of the natural rate of interest in Colombia. *Borradores de Economía No. 626*, (Banco de la República).
- Hamann, F. y Oviedo, P. M. (2006). The macroeconomics of financial intermediated small open economies. *mimeo*.
- Heer, B. y Maußner, A. (2008). *Dynamic General Equilibrium Modeling: Computational Methods and Applications*. Springer, Berlin, 2 edición.
- Huggett, M. (1993). The risk-free rate in heterogeneous-agent incomplete-insurance economies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 17(5-6):953–969.
- Imrohoroglu, A. (1989). Cost of business cycles with indivisibilities and liquidity constraints. *Journal of Political Economy*, 97(6):1364–83.
- Krusell, P. y Smith, A. A. (1998). Income and wealth heterogeneity in the macroeconomy. *Journal of Political Economy*, 106(5):867–896.
- Moreno, R. (2010). Central bank instruments to deal with the effects of the international crisis on emerging market economies. *BIS Working Paper*, (por publicarse).
- Prada, J. D. (2008). Financial intermediation and monetary policy in a small open economy. *Borradores de Economía No. 531*, (Banco de la República).
- Romer, D. (1985). Financial intermediation, reserve requirements, and inside money: A general equilibrium analysis. *Journal of Monetary Economics*, 16(2):175–194.
- Ríos-Rull, J.-V. (1999). *Computational Methods for the Study of Dynamic Economies*, chapter Computation of Equilibria in Heterogenous-Agent Models, pages 238–264. Oxford University Press.
- Tauchen, G. (1986). Finite state markov-chain approximations to univariate and vector autoregressions. *Economics Letters*, 20(2):177 – 181.
- Uribe, J. D. (2008). Encaje marginal y desarrollo del mercado de capitales. En *IXX Simposio de Mercado de Capitales*, Medellín. Asobancaria.
- Uribe, J. D. (2009). Política monetaria y estabilidad financiera. En *XX Simposio de Mercado de Capitales*, Medellín. Asobancaria.
- Vargas, H., Varela, C., Betancourt, Y. R., y Rodríguez, N. (2010). Effects of reserve requirements in an inflation targeting regime: The case of Colombia. *Borradores de Economía 587*, Banco de la Republica de Colombia.
- Villar, L. y Salamanca, D. M. (2005). Un modelo teórico sobre crédito, represión financiera y flujos de capital. *Borradores de Economía No. 323*, (Banco de la República).