

POLÍTICA MONETARIA Y
ESTABILIDAD FINANCIERA EN
ECONOMÍAS PEQUEÑAS Y ABIERTAS



JOSÉ E. GÓMEZ GONZÁLEZ
JAIR N. OJEDA JOYA
EDITORES

**POLÍTICA MONETARIA Y ESTABILIDAD
FINANCIERA EN ECONOMÍAS
PEQUEÑAS Y ABIERTAS**

JOSÉ E. GÓMEZ GONZÁLEZ
JAIR N. OJEDA JOYA
(editores)

**POLÍTICA MONETARIA Y ESTABILIDAD FINANCIERA
EN ECONOMÍAS PEQUEÑAS Y ABIERTAS**



Banco de la República (Bogotá)

Política monetaria y estabilidad financiera en economías pequeñas y abiertas / Banco de la República ; Pamela Cardozo y otros ; prólogo José E. Gómez González, Jair N. Ojeda Joya.

684 páginas : gráficos, cuadros, mapas ; 17 cm.

Incluye bibliografía.

ISBN 978-9586643146

1. Estabilidad financiera 2. Sistema financiero 3. Mercado Financiero 4. Colombia - Política monetaria I. Cardozo, Pamela, Autora II. Gómez González, José E, prologuista III. Ojeda Joya, Jair N, prologuista IV. Tít.

332.4 cd 21 ed.

A1513957

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Primera edición

Banco de la República

Noviembre de 2015

ISBN 978-958-664-314-6

Fotografía de carátula

www.morguefile.com

Diseño de interiores y carátula

Banco de la República

Armada electrónica y finalización de arte

Proceditor Ltda.

Coordinación editorial

Departamento de Servicios Administrativos

Sección de Gestión de Publicaciones

Impresión

La Imprenta Editores S. A.

Bogotá, D. C., Colombia

COMITÉ TÉCNICO

Carlos Arango, Ph. D.

Investigador principal
Subgerencia de Sistemas de Pago
y Operación Bancaria
Banco de la República

Gustavo Silva Araujo, Ph. D.

Investigador
Banco Central de Brasil

Carlos Alberto Castro, Ph. D.

Profesor principal
Facultad de Economía
Universidad del Rosario

Ricardo Correa, Ph. D.

Jefe
Sección de Estabilidad Financiera
Internacional
Reserva Federal de los Estados Unidos

**Ángelo José Mont'Alverne Duarte,
magíster**

Asesor de la Oficina de la Presidencia
Banco Central de Brasil

Óscar E. Guzmán Silva, magíster

Asesor del viceministro técnico
Ministerio de Hacienda y Crédito Público

Marc Hofstetter, Ph. D.

Profesor asociado
Facultad de Economía
Universidad de los Andes

Juan Manuel Julio, magíster

Investigador principal
Unidad de Investigaciones
Banco de la República

Herman Kamil, Ph. D.

Economista
División de Estudios Regionales
Fondo Monetario Internacional

Samuel Westmoreland Malone, Ph. D.

Director
Moody's Analytics

Enrique Martínez-García, Ph. D.

Economista de investigación sénior
Banco de la Reserva Federal de Dallas

Carlos Montoro, Ph. D.

Director
Estudios Económicos
Fondo Latinoamericano de Reservas

Diego A. Restrepo Tobón, Ph. D.

Profesor
Escuela de Economía y Finanzas
Universidad Eafit

Catherine Rodríguez, Ph. D.

Profesor asociado
Facultad de Economía
Universidad de los Andes

Jéssica Roldán, Ph. D.

Economista sénior
Dirección General de Investigación
Económica
Banco de México

José Vicente Romero, magíster

Economista Principal
BBVA Research

Miguel Sarmiento Paipilla, magíster

Profesional experto
Departamento de Operaciones
y Desarrollo de Mercados
Banco de la República

Roberto Steiner, magíster

Investigador asociado
Fedesarrollo

Alejandro Torres García, magíster

Profesor asistente
Universidad Eafit

Diego Mauricio Vásquez, magíster

Asesor
Subgerencia de Gestión de Riesgo
Operativo
Banco de la República

Edgar Villa Pérez, Ph. D.

Profesor asociado
Economía y Finanzas Internacionales
Universidad de la Sabana

CONTENIDO

Prólogo	XI
José E. Gómez González y Jair N. Ojeda Joya	
1. <i>Shadow banking</i> y liquidez en Colombia	
Pamela Cardozo, Jorge Cely y Andrés Murcia	1
2. Incertidumbre en el mecanismo de oferta monetaria y mercados interbancarios en Colombia	
Camilo González, Luisa Silva, Carmiña Vargas y Andrés M. Velasco	39
3. Ciclos crediticios, riesgo de crédito y provisiones contracíclicas	
Martha López, Fernando Tenjo y Hector Zárate Solano	71
4. Riesgo de crédito y transmisión de la política monetaria en Colombia	
Fernando Tenjo Galarza, Enrique López Enciso y Hector Zárate Solano	91
5. Las entidades financieras a lo largo del ciclo de negocios: ¿es el ciclo financiero sensible al ciclo de negocios?	
Fernando Arias Rodríguez, Celina Gaitán Maldonado y Johanna López Velandia	107
6. Inclusión financiera en Colombia	
Carlos Gustavo Cano, María del Pilar Esguerra, Nidia García, Leonardo Rueda y Andrés M. Velasco	143
7. La interdependencia entre el crédito y los ciclos económicos reales en economías latinoamericanas	
José E. Gómez-González, Jair N. Ojeda, Fernando Tenjo Galarza y Héctor Zárate Solano	213
8. Flujos de deuda externa y el mercado de crédito: un enfoque de agente-principal	
Esteban Gómez, Andrés Murcia y Nancy Zamudio	235

9.	Un modelo de alerta temprana para la predicción de auges de crédito usando los agregados macroeconómicos Alexander Guarín, Andrés González, Daphné Skandalis y Daniela Sánchez	277
10.	Fragilidad bancaria en Colombia: un análisis basado en las hojas de balance Ignacio Lozano y Alexander Guarín	301
11.	Índice de precios de la vivienda nueva para Bogotá: metodología de precios hedónicos Jéssica Castaño, Mariana Laverde, Miguel Morales y Ana María Yaruro	339
12.	Burbujas en precios de activos financieros: existencia, persistencia y migración Juan Pablo Franco, José E. Gómez González, Jair N. Ojeda Jhon Edwar Torres	389
13.	Desempeño de las empresas en Colombia: efecto de la volatilidad y del desalineamiento de la tasa de cambio real Ana María Iregui B., Luis Fernando Melo V., María Teresa Ramírez G. y Carmen Cecilia Delgado R.	417
14.	Mercado de bonos soberanos y estabilidad financiera: una aplicación de gráficos acíclicos direccionados (GAD) y modelos SVAR Jorge Ramos F., Ligia Alba Melo B. y Héctor Zárate S.	443
15.	Descalces cambiarios y su efecto sobre la inversión en Colombia Sergio Restrepo, Jorge Niño y Enrique Montes	465
16.	Infraestructuras del mercado financiero: lecciones de la crisis para los bancos centrales Joaquín Bernal R.	493
17.	Relación entre el riesgo sistémico de los sectores financiero y real: un enfoque favor Wilmar Alexander Cabrera Rodríguez, Luis Fernando Melo Velandia y Daniel Parra Amado	525
18.	Relaciones crediticias y riesgo de contagio en el mercado interbancario no colateralizado colombiano Laura Capera Romero, Juan Lemus Esquivel y Dairo Estrada	559
19.	Evaluación macroprudencial de la importancia sistémica de las instituciones financieras en Colombia Carlos León, Clara Machado y Andrés Murcia	617

PRÓLOGO

La interacción entre política monetaria y estabilidad financiera se ha convertido en un nuevo tema de investigación cada vez más importante en los últimos años. Su creciente preponderancia proviene, por supuesto, del impacto que la crisis financiera de 2008 y 2009 ha tenido sobre el pensamiento de los hacedores de política económica en los países desarrollados y emergentes. Un ejemplo trascendental de este nuevo juicio de política es la reciente decisión, tanto del Banco Central Europeo como del Banco de Inglaterra, de asumir la responsabilidad de varios componentes de las políticas de supervisión macro y microprudencial. Esta decisión refleja la enseñanza de la crisis acerca de la importancia de propender por un sistema financiero estable y profundo y con bancos solventes que puedan cumplir a cabalidad su crucial papel de financiar proyectos empresariales.

Adicionalmente, estas decisiones de política reconocen la importancia de prestar atención al diseño simultáneo de las políticas monetarias y macroprudenciales. Es latente en el actuar de muchos banqueros centrales, que la integración de ambos tipos de política debe ser profunda, pero se requiere superar varios desafíos teóricos y prácticos. En primer lugar, el objetivo de estabilidad financiera, en contraste al de estabilidad de precios, es difícil de medir, ya que no tiene una meta puntual sino un propósito asimétrico: evitar eventos financieros extremos y crisis financieras. En segundo lugar, para el diseño de ambas políticas se requiere tener en cuenta el estado de los ciclos de negocios y financieros. Este último, según estudios recientes, presenta duraciones y amplitudes más largas y precede al ciclo de negocios, por lo que debe ser estimado cuidadosamente.

Otra diferencia importante entre ambos tipos de política es que existe una cantidad grande de instrumentos macroprudenciales, los cuales se pueden dividir en tres clases (activos, liquidez y capital), de acuerdo con el componente que afectes en la hoja de balance de los bancos. Por tanto, no solo es necesario estudiar el objetivo de la política macroprudencial, sino también calibrar la combinación óptima de instrumentos para implementarla. Por otra parte, es relevante estudiar el alcance de estas políticas macroprudenciales y el posible efecto negativo que su implementación puede tener sobre la profundización financiera y el crecimiento económico.

En el contexto de estos nuevos desafíos de política económica, el objetivo de este libro es presentar aportes teóricos y empíricos que puedan aportar al diseño y la

implementación de las políticas dirigidas a alcanzar la estabilidad financiera y de precios. Por tanto, desde la convocatoria y durante el proceso de su revisión y aceptación, esta compilación de trabajos se ha enfocado en estudiar a profundidad dichos problemas, haciendo énfasis en las particularidades de las economías pequeñas y abiertas, incluyendo Colombia y otras economías latinoamericanas.

El presente volumen consta de 19 artículos de investigación, los cuales se encuentran organizados en cuatro temas principales. La primera parte compila documentos que estudian varios asuntos de la política monetaria y financiera de los bancos centrales y su relación con los mercados de crédito. En la segunda parte se tratan diferentes aspectos del funcionamiento de los mercados de crédito desde los puntos de vista macro y microeconómicos. La tercera parte se enfoca en estudiar el comportamiento de los precios de los activos (vivienda, divisas, acciones y bonos) y su relación con la estabilidad financiera. Y la cuarta parte presenta trabajos que estudian el riesgo sistémico del sistema financiero, usando varias metodologías de análisis.

POLÍTICA MONETARIA Y MERCADOS FINANCIEROS

El capítulo 1 cuantifica las actividades de intermediación crediticia que ocurrieron por fuera de los bancos tradicionales (denominados banca no regulada o *shadow banking*) en Colombia entre 2011 y 2013, mediante la construcción de un indicador de actividad. Allí se encuentra que esta actividad equivale al 9,9% del producto interno bruto (PIB), presenta una tendencia creciente desde 2011 y está asociada principalmente con carteras colectivas abiertas. También, se realiza un ejercicio empírico en el cual se determina que existe prociclicidad en las decisiones de apalancamiento de las entidades asociadas con el *shadow banking*, prociclicidad que está relacionada con las operaciones de repos y simultáneas. El documento resalta la importancia de considerar la relación entre el crecimiento de este tipo de operaciones y el canal de toma de riesgo de la política monetaria.

El capítulo 2 plantea un modelo dinámico estocástico para el mercado interbancario diario en Colombia. Incorpora bancos comerciales heterogéneos, operaciones de mercado abierto (OMA), incertidumbre en la obtención de recursos, choques de demanda idiosincrásicos y requerimientos de reserva. El desarrollo del modelo implica que la participación de cada entidad financiera en el mercado interbancario y en las OMA depende de su requerimiento de reserva y del nivel de sus activos líquidos. Otro resultado indica que la tasa de interés de equilibrio está distorsionada por la incertidumbre para obtener fondos en la subasta diaria. Como conclusión general, los mecanismos de subasta-ventanilla utilizados por el banco central generan distorsiones que no incentivan la profundización de la actividad interbancaria y, por tanto, no refuerzan este canal de transmisión de la política monetaria.

El capítulo 3 estudia el impacto de un rápido crecimiento en el crédito sobre el riesgo de crédito *ex ante*, utilizando un enfoque microeconométrico y una base de datos detallada de créditos comerciales en Colombia. Los resultados indican que aquellos otorgados durante períodos de auge crediticio tienen una probabilidad más alta de no pago que aquellos que se otorgan durante períodos de lento crecimiento del crédito. Adicionalmente, utilizando la misma base de datos, este trabajo evalúa la efectividad de implementar

provisiones contracíclicas, y encuentra que este instrumento de política macroprudencial es efectivo para suavizar el ciclo de crédito y, por tanto, es un complemento al instrumento tradicional de política monetaria.

El capítulo 4 estudia en detalle el canal de transmisión de la política monetaria correspondiente al crédito bancario en Colombia y su relación con diferentes medidas de riesgo crediticio. La evidencia obtenida indica que los bancos con menor riesgo en su cartera de créditos se protegen mejor de las decisiones de política monetaria y pueden mantener un buen crecimiento relativo de su oferta de crédito, en la medida en que obtienen buenos resultados y tienen facilidad de acceso a fondos externos. Este resultado implica que es indispensable considerar el riesgo de crédito al tiempo con las características tradicionales de los bancos para analizar el funcionamiento del canal de préstamos de la política monetaria, así como para determinar la oferta de crédito.

ANÁLISIS DE LOS MERCADOS DE CRÉDITO

El capítulo 5 propone una cronología del ciclo financiero para Colombia desde 1990 hasta mediados del año 2013, utilizando estados financieros de bancos y entidades asociadas. El ciclo obtenido con este ejercicio se caracteriza por tener expansiones que tienden a ser más duraderas que las recesiones, característica similar a la presentada por el ciclo de negocios. Además, se utilizan técnicas alternativas para examinar la relación de este ciclo financiero con el ciclo de negocios tradicional, cuyos resultados indican que existe sincronización entre ambos ciclos. En particular, se encuentra que las recesiones financieras, de manera contemporánea y rezagada, tienden a evidenciar una mayor asociación con recesiones del ciclo de negocios. Este capítulo, por tanto, permite entender mejor la dinámica de los ciclos de crédito en Colombia, lo cual es muy útil para identificar períodos de posible inestabilidad financiera.

El capítulo 6 presenta, en primer lugar, una revisión de la literatura sobre la importancia y los determinantes de la inclusión de la población en los servicios financieros. Adicionalmente, analiza el estado de la inclusión financiera en Colombia y presenta los resultados de la encuesta de capacidades financieras del Banco Mundial y el Banco de la República. Finalmente, realiza un ejercicio empírico que evalúa los determinantes del acceso a productos financieros desde el lado de la demanda. Los resultados revelan la importancia de la educación, en particular de la educación económica y financiera, para mejorar el acceso a este tipo de servicios. Las conclusiones de este trabajo son útiles para diseñar políticas que permitan mejorar la inclusión financiera en países emergentes. Este incremento de la profundización financiera fortalece el canal del crédito de la política monetaria.

El capítulo 7 expone las estimaciones de los ciclos del crédito y del PIB para Chile, Colombia y Perú. Adicionalmente, estudia su interrelación en el dominio del tiempo y la frecuencia, incluyendo los ciclos tanto de corto como de mediano plazos. Los resultados indican que los ciclos de corto plazo son usualmente más volátiles que los de mediano plazo para el crédito y el PIB, en contraste con lo encontrado en la literatura para países desarrollados. También, se encuentra que los picos del ciclo del crédito usualmente preceden a recesiones del PIB. Finalmente, las pruebas de causalidad sugieren que los ciclos del crédito lideran movimientos posteriores en la actividad económica. Este conjunto de

resultados permite una mejor comprensión de la dinámica de los ciclos financieros y del producto, así como de su relación con la estabilidad financiera en países latinoamericanos.

El capítulo 8 propone un modelo de agente-principal para identificar los distintos canales por los que choques en los flujos de deuda externa pueden afectar variables relacionadas con el crédito. Este enfoque predice que una contracción del crédito externo no solo afectará de manera negativa el crédito agregado, sino que también reducirá la proporción de empresas con acceso a recursos intermediados. Adicionalmente, este trabajo usa datos micro para el período 1999-2012 sobre flujos de deuda externa y variables relacionadas con el crédito, con el fin de validar empíricamente las predicciones del marco teórico. Los resultados confirman que, en el corto plazo, un choque negativo a los fondos extranjeros reduce la proporción de empresas con acceso a la financiación intermediada (local y extranjera). Por otro lado, las estimaciones indican que en el largo plazo existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre los flujos de deuda y el crédito local. Las implicaciones de este estudio permiten apoyar debates sobre la efectividad y efectos de medidas como el uso de controles de capital sobre la estabilidad financiera.

El capítulo 9 propone una herramienta cuantitativa novedosa de alerta temprana para determinar episodios de auge de crédito a partir de la información contenida en los agregados macroeconómicos. Esta técnica es aplicada a los datos de seis economías latinoamericanas desde 1996 hasta 2011 y se construye modelando la probabilidad de estar en un auge crediticio, estimando diferentes regresiones logísticas que se agrupan con la metodología BMA. Esta tiene una probabilidad del 80% de detectar un auge de crédito y de 92% de no anunciar una falsa alarma. Además, el modelo estimado se puede utilizar potencialmente en países que están fuera de la muestra utilizada para su construcción. Esta herramienta es muy importante para los bancos centrales con el fin de tomar medidas adecuadas que puedan prevenir o atenuar episodios futuros de inestabilidad financiera.

El capítulo 10 estudia la relación empírica entre las fuentes de fondeo del crédito y la vulnerabilidad financiera del sistema bancario colombiano mediante una estimación bayesiana de modelos de regresión logística. Esto permite identificar y predecir episodios de fragilidad bancaria asociados con las fuentes tradicionales y no tradicionales que utilizan los bancos para proveer crédito con datos mensuales de las hojas de balance para el período 1996-2013. Los resultados muestran que el recurrente uso de fondos no tradicionales para sostener la creciente demanda de créditos en momentos de expansión está asociado con episodios posteriores de fragilidad bancaria en Colombia. De este modo, este trabajo explica la importancia de monitorear las fuentes de fondeo de los bancos, como una forma de preservar la estabilidad financiera.

DINÁMICA DE LOS PRECIOS DE ACTIVOS FINANCIEROS

El capítulo 11 utiliza la metodología de precios hedónicos para estimar la variación de los precios de la vivienda nueva para Bogotá entre 2003 y 2012, descontando el efecto del cambio en la calidad de los inmuebles. Para las estimaciones se empleó información de características observables y también se realizaron especificaciones incluyendo efectos fijos por proyecto inmobiliario. Al comparar este nuevo índice con los ya existentes,

se encuentra que tienen tendencias y ciclos similares, aunque aquellos contruados controlando por características exhiben tasas de crecimiento menores. Este resultado muestra que existen cambios en la calidad de los inmuebles, no considerados por los índices anteriores, que son necesarios para obtener un análisis más preciso de la evolución de los precios de la vivienda. En todos los estratos socioeconómicos se mantiene este resultado, con excepción del más alto. Dada la importancia de los activos inmobiliarios en la riqueza de las familias de Colombia y otros países emergentes, este tipo de metodologías permite hacer un mejor seguimiento de los precios de estos activos con el fin de prevenir episodios de inestabilidad financiera.

El capítulo 12 realiza pruebas econométricas para la detección y migración de burbujas de precios en los mercados de vivienda, divisas y acciones para siete países, incluyendo desarrollados y emergentes que se caracterizan por tener buena información histórica de precios de vivienda: Colombia, Sudáfrica, Reino Unido, Holanda, Portugal, Canadá y Corea del Sur. En general, los resultados indican que este tipo de comportamiento exuberante de los precios es más común en el mercado de vivienda que en el de divisas o acciones. Por otro lado, los resultados muestran evidencia de migración de burbujas entre los mercados de activos de Sudáfrica, Corea del Sur, Holanda y Canadá. Este tipo de pruebas econométricas permite detectar comportamientos anómalos en los precios de los activos y, por tanto, sirven como alerta temprana para prevenir posibles períodos de inestabilidad financiera.

El capítulo 13 explora el vínculo de la volatilidad y el desalineamiento de la tasa de cambio real (TCR) con el desempeño económico de una muestra de firmas colombianas para el período 2000-2011. El estudio se enfoca en particular en el efecto sobre las ventas externas, el crecimiento de la productividad, la inversión y las ganancias. Además, los autores complementan la base de datos con información sobre deuda en moneda extranjera, comercio internacional y coberturas cambiarias. Los resultados indican que la volatilidad se relaciona negativamente con las ganancias de las empresas. Por otro lado, los desalineamientos de la TCR tienen efectos negativos sobre las ventas externas y las ganancias. Finalmente, aumentos en la cantidad de deuda en moneda corriente afectan de manera negativa las ganancias y la inversión en las empresas, sugiriendo que las empresas se encuentran sobreendeudadas. Los resultados de esta investigación son importantes para el diseño de la política monetaria y cambiaria, ya que resaltan la importancia de prevenir períodos de volatilidad y desalineamiento de la tasa de cambio, así como de vigilar el nivel de endeudamiento de las firmas.

El capítulo 14 utiliza técnicas econométricas recientes para evaluar el impacto de diversos choques económicos tanto internos como externos sobre el precio de los títulos de deuda pública del gobierno, la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera. Los resultados sugieren que la inflación, la tasa de política monetaria y la percepción del riesgo internacional son las variables con impacto negativo sobre la pendiente de la curva de rendimiento de los bonos de deuda pública. El indicador de riesgo soberano, por su parte, tiene un efecto positivo sobre dicha pendiente. Por otro lado, se encuentra que aumentos en la pendiente de la curva de rendimientos tienen un efecto contemporáneo positivo sobre la rentabilidad de los bancos y sobre la estabilidad financiera, medida con el indicador de valor en riesgo (VaR). De este modo, los hallazgos de este trabajo permiten entender de manera más profunda la compleja relación que existe entre choques

macroeconómicos, la curva de rendimiento de los bonos y la estabilidad financiera en economías emergentes.

El capítulo 15 utiliza una muestra de firmas del sector real colombiano para estudiar si estas calzan la composición por monedas de sus pasivos con la de sus activos e ingresos. Los resultados indican que las firmas tienen descalces cambiarios que producen deterioros en sus hojas de balance durante episodios de depreciación, debido al incremento de su deuda en dólares. Al estudiar los efectos de depreciaciones en la tasa de cambio real, se confirma el resultado anterior, ya que se obtienen reducciones significativas en la tasa de inversión en activos fijos de aquellas firmas endeudadas en dólares. Finalmente, este trabajo encuentra que las operaciones de derivados cambiarios no han tenido un efecto significativo para disminuir el efecto de hoja de balance sobre el desempeño de las firmas. De este modo, este trabajo permite entender mejor el efecto de episodios de volatilidad cambiaria sobre el desempeño de las empresas y, por ende, sobre la estabilidad financiera. Además, destaca la importancia de monitorear el descalce cambiario de las firmas y de evaluar el uso de derivados y coberturas cambiarias como política preventiva.

TEMAS DE RIESGO SISTÉMICO

El capítulo 16 revisa las problemáticas que enfrenta la infraestructura del mercado financiero en los momentos de crisis, así como las lecciones aprendidas y las alternativas de política que disponen los bancos centrales, haciendo énfasis en el caso colombiano. Resalta la importancia del acceso a la liquidez provista por el banco central en momentos de estrés financiero. Además, enfatiza la necesidad de acceder a garantías de alta calidad y de un sólido marco legal para las operaciones financieras. Por otro lado, habla en detalle de la trascendencia que tienen las entidades de contrapartida central en el caso de las operaciones de derivados. Finalmente, expone la tesis sobre la importancia de la vigilancia y seguimiento de entidades que tengan alta importancia sistémica debido a sus múltiples conexiones de redes con el resto del sistema financiero. Esta revisión de temas sobre riesgo sistémico es fundamental como guía para los hacedores de política para entender mejor los desafíos a superar para evitar episodios de inestabilidad financiera.

El capítulo 17 estima los efectos de choques de origen financiero y real con datos de 111 variables de la economía colombiana entre 2003 y 2013. El modelo econométrico utilizado es novedoso y tiene en cuenta que las variables están explicadas por un componente común, un componente idiosincrásico y por efectos de retroalimentación dinámica. Los resultados sugieren la existencia de estrechos vínculos entre los sectores real y financiero que propagan los choques en ambas direcciones. Adicionalmente, se estima el efecto que tiene un evento de estrés en el sector financiero sobre el sector real, y en sentido contrario. En este caso, se utiliza una metodología econométrica muy reciente que tiene en cuenta la ocurrencia de eventos extremos en un sector y su propagación a los otros sectores. Los resultados indican que el sector financiero reacciona de manera más rápida, ante un choque en la actividad real, en comparación con el efecto de un choque financiero en el sector real. Este ejercicio econométrico es muy útil para entender la interrelación que existe entre la política monetaria y la política macroprudencial y el grado de coordinación que debe existir entre ambas.

El capítulo 18 analiza las relaciones crediticias que tienen las entidades que participan en el mercado interbancario no colateralizado en Colombia. Los resultados indican que las operaciones con los principales deudores y acreedores tienden a ser estables y concentradas en un número reducido de contrapartes. Adicionalmente, se realiza un estudio econométrico para identificar los determinantes de las preferencias por contrapartes. En este caso, el principal resultado indica que las entidades prefieren prestar a deudores con mayores niveles de liquidez, al tiempo que se fondean en mayor medida con entidades menos rentables. Finalmente, se estudian los efectos de las relaciones crediticias sobre el riesgo de contagio, en un escenario donde los participantes enfrentan un choque de liquidez simultáneo. Los resultados de esta simulación indican que la estructura del mercado interbancario actual genera una mayor propagación del choque, comparado con una estructura aleatoria en promedio. Este tipo de estudios son fundamentales para medir y entender las vulnerabilidades microeconómicas de los mercados interbancarios, y para tomar medidas para prevenir episodios de inestabilidad financiera.

Por último, el capítulo 19 utiliza tres medidas alternativas para estudiar la importancia sistémica de las instituciones financieras en Colombia. Los determinantes de esta importancia son tamaño, conectividad y no sustituibilidad. Las medidas aplicadas son: centralidad como prestatario, centralidad como originador de pagos y valor de los activos usados para servicios financieros. Estas tres medidas permiten calcular un índice de importancia sistémica con dos metodologías alternativas de agregación. La aplicación de estos índices al caso colombiano permite concluir que las instituciones de crédito son las que contribuyen más al riesgo sistémico. No obstante, la importancia sistémica de algunas entidades no bancarias es significativo. De este modo, esta metodología novedosa es clave para identificar aquellas entidades que necesitan ser especialmente vigiladas con el fin de mantener la estabilidad del sistema financiero.

Esperamos, por tanto, que los aportes al conocimiento económico que se presentan en este volumen sean de utilidad para los hacedores de política, economistas, financieros, estudiantes y en general para todas las personas que deseen entender mejor el interesante y dinámico debate intelectual en torno de la interacción entre la política monetaria, las políticas macroprudenciales y el mantenimiento de la estabilidad financiera en economías pequeñas y abiertas.

AGRADECIMIENTOS

Los editores queremos expresar nuestros agradecimientos a todas las personas que hicieron posible el presente volumen, el cual es el resultado de la agenda de investigación del año 2013 de la Gerencia Técnica del Banco de la República. Extendemos este reconocimiento a la Junta Directiva, al gerente técnico, Hernando Vargas, y a los subgerentes y directores que nos brindaron su decisivo apoyo para este proyecto de investigación. Queremos agradecer especialmente a Dairo Estrada por su crucial asesoría y apoyo en la parte inicial del proyecto y quien, además, es autor de uno de los trabajos del presente libro. El trabajo de los evaluadores, quienes están listados en orden alfabético en el Comité Técnico, también fue fundamental para garantizar la calidad e idoneidad de estos artículos investigativos. Asimismo, a todos los 51 autores que participaron en al menos uno de los

artículos, por su dedicación, compromiso y cumplimiento con este proyecto. El apoyo de la Coordinación Administrativa de la Gerencia Técnica, de la Sección de Gestión de Publicaciones y de los estudiantes en práctica, Carolina Correa, Natalia Sicard, Óscar Jaulin, Nicolás Camargo, Julián Cantor, Wilmer Rojas y Carlos Palacios fueron también muy importantes durante las distintas etapas de producción de este libro. Un sincero agradecimiento al profesor Xavier Freixas por sus acertados comentarios, las cuales se presentan en la contraportada.

**José E. Gómez González
y Jair N. Ojeda Joya**
Editores

1. *SHADOW BANKING* Y LIQUIDEZ EN COLOMBIA

Pamela Cardozo
Jorge Cely
Andrés Murcia*

Un mayor nivel de desarrollo financiero puede generar beneficios importantes para la economía al mejorar la asignación de recursos, incrementar el ahorro, optimizar la gestión de riesgos y generar instrumentos naturales de monitoreo (Arestis *et al.*, 2001; Masoud y Hardaker, 2012). Sin embargo, es importante tener en cuenta que dicho desarrollo genera también ciertas vulnerabilidades y, por tanto, implica retos importantes en torno a la labor de seguimiento, supervisión y regulación financiera. Esta relación puede darse mediante diferentes canales.

Por un lado, el desarrollo financiero puede impulsar algunas actividades por fuera de las que tradicionalmente realiza el sistema financiero. Por ejemplo, la búsqueda de mayores retornos en el corto plazo y el aprovechamiento de oportunidades de mercado pueden generar incentivos a la toma de mayores riesgos. El desarrollo financiero trae consigo también el surgimiento de instrumentos y actividades de las instituciones tales como la titularización y la intermediación de colaterales que pueden generar, al mismo tiempo, beneficios en torno a la eficiencia y gestión de portafolios, pero también traen consigo posiblemente la toma de mayores riesgos. Durante la última década se ha hablado del surgimiento de lo que en la literatura se conoce como *shadow banking*, definido como aquellas labores de intermediación crediticia que no son realizadas por los establecimientos tradicionales de crédito en las economías, las cuales desempeñaron un papel crucial en la crisis financiera de la década pasada (Pozsar *et al.*, 2012). Posterior al episodio ocurrido entre 2008 y 2009 se han desarrollado diferentes esfuerzos, en especial en las economías desarrolladas, con el objetivo de cuantificar y entender mejor dicha actividad.

* Los autores son, en su orden, subgerente Monetaria y de Inversiones Internacionales, profesional experto de la Sección de Apoyos de Liquidez y Control de Riesgos, y profesional líder de la Subgerencia Monetaria y de Inversiones Internacionales (actualmente se desempeña como economista del Banco de Pagos Internacionales). Cualquier error u omisión en el contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de los autores. Agradecen los comentarios de Hernando Vargas y Miguel Sarmiento. Las opiniones expresadas en este capítulo son responsabilidad de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

Por otra parte, existe una relación entre la toma de riesgos de los intermediarios, la liquidez y el comportamiento de ciertas variables macroeconómicas. En la literatura basada en la teoría del acelerador financiero (Bernanke y Gertler, 1989 y Bernanke *et al.*, 1999) se asocia precisamente la dinámica del precio de los activos financieros con el ciclo económico, donde los ciclos financieros pueden amplificar los ciclos económicos mediante sus efectos sobre la capacidad de endeudamiento del sector privado. Una literatura posterior asocia el efecto amplificador de los mercados financieros sobre la economía con las decisiones de apalancamiento y liquidez de los intermediarios financieros (Adrian y Shin, 2010; Holmström y Tirole, 2011; Tirole, 2011). La amplificación de los ciclos ocurre gracias a que, en momentos de auge, el apalancamiento de los intermediarios tiende a aumentar, impulsando adquisiciones importantes de activos, lo que a su vez incrementa su precio. En momentos difíciles, el comportamiento procíclico de los intermediarios genera ventas desproporcionadas que impulsan caídas fuertes en los precios de los activos, dificultando el proceso de recuperación de la economía. Entender y cuantificar el nivel de prociclicidad que pueden presentar las decisiones de apalancamiento de los diferentes intermediarios es importante para comprender todas las implicaciones en el nivel agregado que tiene la actividad de *shadow banking* en la economía.

El objetivo del presente documento se divide en dos. Por un lado, se busca cuantificar el *shadow banking* en Colombia, adoptando los lineamientos y definiciones de algunas de las mediciones contempladas para esta actividad en el ámbito internacional. El desarrollo y posterior seguimiento de esta medida es una herramienta útil para las autoridades económicas y financieras.

En segundo lugar, este trabajo busca estudiar el nivel de prociclicidad de las decisiones de apalancamiento de los intermediarios financieros en Colombia, en especial a lo que corresponde a aquellas instituciones más cercanas a lo que se conoce internacionalmente como *shadow banks* (SB). Para ello se desarrolla el ejercicio que Adrian y Shin (2010) usaron para identificar prociclicidad en la decisión de apalancamiento de los bancos de inversión en los Estados Unidos, pero en este caso se hará para los intermediarios financieros en Colombia y así evaluar si existe un comportamiento diferencial en lo que corresponde a algunas entidades más cercanas a la actividad de *shadow banking*, como lo son las sociedades comisionistas de bolsa. También, se busca identificar si el incremento del apalancamiento en Colombia está asociado con un mayor uso de instrumentos, como los repos y simultáneas.

Para lograr este segundo objetivo y para entender mejor cómo ocurre efectivamente la relación entre las decisiones de apalancamiento, la liquidez y las condiciones macroeconómicas, se plantea un modelo teórico desarrollado por Tirole (2011) y Holmström y Tirole (2011) y se desarrollan algunos ejercicios de estática comparativa basados en estos modelos, con los cuales se puede comprender mejor la manera como se determinan las decisiones de apalancamiento, y en qué condiciones particulares estas pueden tornarse procíclicas.

Teniendo en cuenta estos objetivos, el documento se divide en cuatro secciones. En la primera presenta una medición del *shadow banking* en Colombia. La segunda sección muestra evidencia empírica sobre la prociclicidad de las decisiones de apalancamiento y liquidez de los intermediarios financieros. La tercera contiene un modelo teórico de liquidez y apalancamiento y plantea algunos ejercicios de estática comparativa en torno de estas decisiones y su interacción con el contexto macroeconómico. En la última sección se presentan las conclusiones.

1. MEDICIÓN DE *SHADOW BANKING* PARA COLOMBIA

El término *shadow banking* puede tener una connotación negativa; sin embargo, en la literatura es el aceptado para referirse a las actividades de intermediación crediticia que no son realizadas por los bancos. El Banco Central de Canadá, para evitar tal connotación, emplea el término *market based finance*, pues reconoce que un *shadow banking* con una adecuada regulación puede generar beneficios para la economía, como la innovación y la competencia.

El tema de la regulación de *shadow banking* ha sido una prioridad en varios países. En los Estados Unidos, en febrero de 2010, se modificó la regulación de los fondos del mercado monetario, actividad que, como se explicará, cae en dicha categoría, y en junio de 2013 la Securities and Exchange Commission (SEC) publicó un documento para comentarios con algunas otras propuestas regulatorias. Adicionalmente, el Financial Stability Board (2012) también divulgó para comentarios un documento donde hace recomendaciones para mejorar la supervisión y la regulación de las entidades que hacen parte del *shadow banking* excluyendo a los fondos del mercado monetario. Sobre estos últimos, la International Organization of Securities Commissions (Iosco, 2012) publicó su reporte final con recomendaciones de regulación en octubre de 2012.

Este capítulo busca medir la actividad de *shadow banking* en Colombia. Mientras que para los Estados Unidos hay varios trabajos (Pozsar y Singh, 2011; Claessens *et al.*, 2012; FSB, 2011; Deloitte, 2012; Pozsar *et al.*, 2012; entre otros), hasta el momento no se conoce ninguno para Colombia. De acuerdo con Pozsar y Singh (2011), el *shadow banking* en los Estados Unidos en 2010 era de USD18 trillones¹. A diferencia del resto de trabajos, ellos incluyen la reutilización de colaterales, ya sea en el mercado monetario o en el de garantías². Claessens *et al.* (2012) se concentran en las titularizaciones y en la intermediación de colaterales en los Estados Unidos, pues son las dos actividades que se consideran más importantes dentro del *shadow banking* desde el punto de vista económico y de estabilidad financiera.

Por otro lado, el Financial Stability Board (FSB, 2011) realizó la medición para Australia, Canadá, Corea del Sur, los Estados Unidos, Inglaterra, Japón y la zona del euro, obteniendo que, en conjunto, el *shadow banking* en 2010 correspondía a USD60 trillones, de los cuales USD25 trillones pertenecen a los Estados Unidos (172% del PIB). Para 2011 en los Estados Unidos, Deloitte (2012) estima un *shadow banking* de USD9,53 trillones, mientras Pozsar *et al.* (2012) de USD13 trillones³. Por último, para la zona del euro, Bakk-Simon *et al.* (2012) presentan una estimación de EUR10,8 trillones (84% del PIB de la zona).

La variedad con respecto a los resultados de los trabajos que buscan medir esta actividad surge en especial de las diferencias en torno de la definición de *shadow banking* empleada, su interpretación o en los enfoques que adoptan para su medición. Por ejem-

1 Millones de millones, según la notación hispanoamericana.

2 En la presente medición este criterio se incluye porque se tienen en cuenta a todas las simultáneas, por tanto, incorpora a simultáneas sobre simultáneas. No se contempla la reutilización de colaterales cuando estos son dados como garantía ante un llamado al margen o cuando son vendidos.

3 Medida en términos netos. Los autores también presentan una medida en términos brutos de USD15 trillones.

plo, el FSB (2011) utiliza la siguiente definición⁴: “sistema de intermediación de crédito que involucra a entidades y a actividades por fuera del sistema bancario” (traducción propia) y realiza la estimación utilizando, en particular, información de entidades (por ejemplo: sociedades comisionistas de bolsa), mientras que el trabajo de Deloitte (2012) hace la medición especialmente basándose en información de operaciones.

Por otro lado, aun cuando no hay grandes diferencias entre las definiciones adoptadas por Deloitte (2012) y Pozsar *et al.* (2012), en el caso de estos últimos autores el *shadow banking* en los Estados Unidos en 2011 es mayor en USD3,5 trillones, en comparación con la medición de Deloitte. La diferencia radica principalmente en que Pozsar *et al.* consideran la titularización de las agencias hipotecarias Fannie Mae, Freddie Mac y de los federal home loan banks parte del *shadow banking*, mientras que Deloitte, a partir de 2008, deja de incluir a Fannie Mae, Freddie Mac y Ginnie Mae porque obtienen soporte explícito por parte del gobierno⁵. La otra diferencia es que Pozsar *et al.* consideran los papeles comerciales (bonos de corto plazo) como parte del *shadow banking*, mientras que la propuesta de Deloitte no los incluye⁶.

Para medir el *shadow banking* en Colombia aquí se sigue la definición de Pozsar *et al.* (2013), donde: “las actividades del *shadow banking* consisten en transformación de crédito, madurez y liquidez que tienen lugar sin tener acceso directo a fuentes públicas de liquidez o de protección de riesgo de crédito”. Al ser esta una medición del *shadow banking* que tiene en cuenta actividades, se considera que es un complemento a otras mediciones realizadas, como la del FSB, que son con base en entidades⁷.

Pozsar *et al.* (2013)⁸ incluyen en su medición de *shadow banking* para los Estados Unidos a las siguientes actividades: fondos del mercado monetario, titularización de activos, repos, préstamos de títulos y bonos de corto plazo (papeles comerciales). En este documento, teniendo en cuenta las características del mercado colombiano, se incluyen las siguientes operaciones: titularizaciones (hipotecaria y no hipotecaria), repos abiertos y cerrados (excluyendo operaciones realizadas con el Banco de la República), simultáneas, transferencias temporales de valores, cartera de las cooperativas especializadas en ahorro y crédito y las carteras colectivas abiertas. Sin contemplar a Pozsar *et al.* (2013), no se incluye a los papeles comerciales, porque en la literatura no hay otro trabajo que las considere como parte del *shadow banking*.

En la medición del *shadow banking* para Colombia, se incluyen las titularizaciones, ya que permiten separar el proceso de intermediación crediticia y pueden generar transformación de liquidez (activos ilíquidos son financiados con pasivos más líquidos⁹) y de madurez (activos de largo plazo son financiados con pasivos de menor plazo). También

4 En el trabajo de Deloitte (2012) se presentan seis definiciones adicionales.

5 No es claro por qué Deloitte (2012) incluye a Ginnie Mae dentro de la medición de *shadow banking* al ser esta una entidad pública.

6 Sin embargo, los papeles comerciales no representan una porción importante en la medición.

7 En 2013 el Banco de la República participó en un grupo de trabajo del FSB (FSB, 2014) para medir el *shadow banking* en América, incluyendo a Colombia, con información a fin de 2012. Siguiendo la metodología del FSB, el *shadow banking* en Colombia en 2012 corresponde al 10,3% del PIB.

8 La versión previa de este trabajo es Pozsar *et al.* (2012).

9 Un ejemplo de un activo ilíquido es la cartera y de un pasivo líquido es el título emitido (la titularización).

los repos, las simultáneas y las transferencias temporales de valores (TTV), porque al ser intercambios de activos admiten la transformación de liquidez y de madurez.

Por su parte, mientras los establecimientos de crédito son vigilados por la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC), tienen acceso a la facilidad de prestamista de última instancia del Banco de la República y al seguro de depósitos de Fogafin (COP20 millones por ahorrador por entidad), las cooperativas especializadas en ahorro y crédito son vigiladas por la Superintendencia de la Economía Solidaria y no tienen acceso a la liquidez del Banco de la República. Estas entidades realizan actividades de intermediación de crédito similares a las de un banco, con la diferencia de que sus clientes solo pueden ser sus afiliados. El seguro de depósitos de estas entidades está a cargo de Fogacoop y tiene un cubrimiento de COP6 millones por ahorrador.

Por último, se incluyen las carteras colectivas abiertas porque realizan transformación de liquidez y de madurez al recibir dinero de sus clientes e invertirlo en activos, a pesar de que la exigibilidad de los recursos es inmediata. Las carteras colectivas son vigiladas por la SFC, pero no pueden acceder a los apoyos transitorios de liquidez¹⁰, aunque sí a las otras facilidades de liquidez del Banco de la República. Los recursos de las carteras colectivas no están amparados por ningún seguro de depósitos.

A continuación se describe de manera breve cada una de estas actividades en Colombia.

Titularizaciones

De acuerdo con la Ley 546 de 1999, se puede titularizar cartera hipotecaria y *leasing* habitacional. Las entidades autorizadas para realizar titularizaciones de activos hipotecarios son las sociedades titularizadoras¹¹, las sociedades fiduciarias en su calidad de administradoras de patrimonios autónomos u otras instituciones autorizadas por el Gobierno. Actualmente solo existe una sociedad titularizadora: la Titularizadora Colombiana S. A.

Adicionalmente, se pueden titularizar activos no hipotecarios (Ley 1328 de 2009). Las entidades autorizadas pueden titularizar todos aquellos activos que no se originan, derivan o tienen fundamento en operaciones realizadas en desarrollo del sistema de financiación de vivienda de largo plazo. De acuerdo con el Decreto 2555 de 2010, pueden estructurarse procesos de titularización a partir de los siguientes activos o bienes:

- Títulos de deuda pública
- Títulos inscritos en el Registro Nacional de Valores y Emisores
- Cartera de crédito (automóviles, pyme, estudiantiles)
- Documentos de crédito
- Activos inmobiliarios
- Proyectos de infraestructura
- Productos agropecuarios, agroindustriales u otros *commodities*

10 La Constitución Política de Colombia establece que la facilidad de prestamista de última instancia es sólo para los establecimientos de crédito.

11 Las sociedades titularizadoras tienen como objeto social exclusivo la titularización de activos hipotecarios. Su denominación se encuentra seguida o precedida de la expresión “sociedad titularizadora de activos hipotecarios”, y están sujetas a la vigilancia y control de la Superintendencia Financiera de Colombia.

- Rentas o flujos de caja determinables con base en estadísticas de los últimos tres años o en proyecciones de por lo menos tres años continuos.

Las titularizaciones de activos no hipotecarios pueden ser realizadas por las fiduciarias o por sociedades de servicios técnicos y administrativos autorizadas por el Gobierno. Actualmente, Multiactivos es la única sociedad de servicios técnicos y administrativos autorizada para este tipo de operación.

En Colombia todas las entidades que realizan titularización hipotecaria son vigiladas y controladas por la SFC (Ley 546 de 1999), mientras que las entidades titularizadoras de otros activos no son vigiladas, sino solo controladas por la SFC, pues actúan como emisores de valores.

Repos abiertos y cerrados

Estas son operaciones de venta con pacto de recompra (Decreto 4432 de 2006)¹² en las que participan el enajenante (busca liquidez y transfiere la propiedad del título) y el adquirente (otorga liquidez y recibe la propiedad del título), las cuales se realizan sobre valores a cambio del pago de determinada suma de dinero. El pacto de recompra se realiza a un tipo de interés concreto, por lo que el adquirente recibirá su dinero, más un beneficio.

El repo abierto es aquel en el cual se establece que no se inmovilizan los valores objeto de la operación, mientras que en el cerrado ocurre lo contrario.

El Banco de la República realiza sus operaciones de liquidez monetaria mediante repos cerrados. Estas operaciones no se incluyen en la medición del *shadow banking* para Colombia porque esta es la forma en que el Banco Central le entrega la liquidez a la economía, por tanto, su tamaño depende de las condiciones de liquidez del mercado.

En Colombia los repos, sin incluir las operaciones del Banco de la República, se realizan principalmente con acciones. En el período estudiado el 92,0%¹³ de los repos se realizó con acciones.

Simultáneas

De acuerdo con el Decreto 4432 de 2006, la definición es la misma de la de los repos; sin embargo, el decreto menciona que no se puede establecer que el monto inicial sea calculado con un descuento sobre el precio de mercado ni debería haber restricciones a la movilidad de los valores objeto de la operación. Así mismo, no puede establecerse que, durante la vigencia de la operación, se sustituyan los valores inicialmente entregados por otros.

En la medición de *shadow banking* se contemplan las operaciones simultáneas ya que son similares a los repos. En Colombia el mercado de simultáneas está altamente concentrado en operaciones con deuda pública; por ejemplo, entre enero de 2011 y marzo de 2013 el 84,4% de las simultáneas fueron realizadas con deuda pública.

12 El Decreto 2555 en la parte 2, libro 36, título 3, incluye lo estipulado en el Decreto 4432 de 2006 en lo que se refiere a repos, simultáneas y TTV.

13 Se tomó la información de las operaciones transadas en la Bolsa de Valores de Colombia.

Transferencia temporal de valores (TTV)

Las operaciones de TTV (Decreto 4432 de 2006) son aquellas donde el originador transfiere la propiedad de los valores objeto de la operación al receptor, con el acuerdo de hacerlo en la misma fecha o en una fecha posterior. El receptor transfiere al originador la propiedad de otros valores o una suma de dinero de valor igual o mayor al de los valores objeto de la operación.

En el momento en que se revierta la operación, tanto el originador como el receptor deben restituir la propiedad de valores de la misma especie y características de aquellos recibidos en la operación o la suma de dinero recibida, según sea el caso.

La TTV internacionalmente es conocida como préstamo de títulos.

Cartera de cooperativas

En Colombia las cooperativas están reglamentadas por la Ley 79 de 1988, la cual permite ejercer la actividad financiera a las cooperativas financieras y a las cooperativas de ahorro y crédito.

Son cooperativas financieras los organismos cooperativos especializados cuya función principal consiste en adelantar actividad financiera en general. Su naturaleza jurídica se rige por las disposiciones de la Ley 79 de 1988 y se encuentran sometidas al control, inspección y vigilancia de la SFC y requieren de su autorización para ejercer dicha actividad. Estas cooperativas se consideran establecimientos de crédito y pueden ofrecer sus servicios a terceros no asociados. Actualmente Colombia cuenta con siete entidades.

Son cooperativas de ahorro y crédito los organismos cooperativos especializados cuya función principal consiste en adelantar actividad financiera exclusivamente con sus asociados. También lo son aquellas cooperativas multiactivas o integrales con sección de ahorro y crédito. Su naturaleza jurídica se rige por las disposiciones de la Ley 79 de 1988 y se encuentran sometidas al control, inspección y vigilancia de la Superintendencia de la Economía Solidaria y requieren de su autorización para ejercer dicha actividad. Actualmente 184 entidades están registradas.

En nuestra medición de *shadow banking* no se incluyen las cooperativas financieras ya que tienen la misma regulación y el mismo supervisor que los bancos, pueden acceder a la facilidad de prestamista de última instancia del Banco de la República y están cubiertas por el seguro de depósitos de Fogacoop.

Carteras colectivas abiertas

El Decreto 2175 de 12 de junio de 2007 reguló la administración y gestión de las carteras colectivas las cuales sólo pueden ser administradas por sociedades comisionistas de bolsa de valores, sociedades fiduciarias y sociedades administradoras de inversión.

Las carteras colectivas pueden ser abiertas, cerradas o escalonadas, de acuerdo con el reglamento que las regule. En las carteras colectivas abiertas la redención de las participaciones se puede realizar en cualquier momento, en las cerradas la redención de la

totalidad de las participaciones sólo se puede realizar al final del plazo previsto para la duración de la cartera colectiva, y en las escalonadas esto solo se puede realizar una vez transcurridos los plazos que previamente se hayan determinado en el reglamento, donde el plazo mínimo no puede ser inferior a treinta días corrientes.

Aunque por lo general en las mediciones de *shadow banking* se incluyen los fondos del mercado monetario y, aunque en Colombia existen unas carteras colectivas que se denominan carteras del mercado monetario, se considerará que para la presente medición de *shadow banking* es más apropiado incluir a todas las carteras colectivas abiertas (sin importar su tipo¹⁴), puesto que aquellas realizan transformación de liquidez al recibir dinero de sus clientes (que puede ser solicitado en cualquier momento por parte del cliente) e invertir en activos.

1.1 Medición

Construimos un indicador de *shadow banking* para Colombia (Gráfico 1) con la suma de todas las operaciones mencionadas, a partir de datos mensuales desde enero de 2011 debido a la disponibilidad de información en el Banco de la República¹⁵. A marzo de 2013 el *shadow banking* en Colombia era de COP65,8 billones (b)¹⁶. Esto corresponde al 9,9% del PIB de 2012 y 17,1% de los activos de los establecimientos de crédito.

Se observa que el indicador ha experimentado un crecimiento desde enero de 2011 a marzo de 2013, al pasar de COP51,4 b a COP65,8 b, en donde alcanzó su máximo valor. El incremento se debe básicamente al aumento en las carteras colectivas abiertas, que pasaron de COP26 b en enero de 2011 a COP44,3 b en marzo de 2013 (un cambio de 70,4%). El menor valor del indicador se presentó en julio de 2011 (COP47,1 b) influenciado principalmente por la disminución en el valor de las simultáneas (27%¹⁷; Gráfico 2).

Además, en noviembre de 2012 el indicador presentó la mayor disminución con respecto al mes anterior, al pasar de COP62,9 b a COP57,8 b (disminución del 8,1%). La variación, de nuevo, se originó principalmente por la disminución de las simultáneas (39,6%).

Al analizar por componente (Gráfico 3), las carteras colectivas abiertas tienen la más alta participación, 59,6% en promedio, en el período analizado, seguidas por las simultáneas (13,3%), las titularizaciones hipotecarias (11,4%), cartera de las cooperativas (10,7%) y las titularizaciones no hipotecarias (4,5%). Los repos cerrados, sin incluir

14 El artículo 14 del Decreto 2175 de 12 de junio de 2007 establece que las carteras colectivas pueden ser de los siguientes tipos especiales: del mercado monetario, inmobiliario, de margen, de especulación y bursátil.

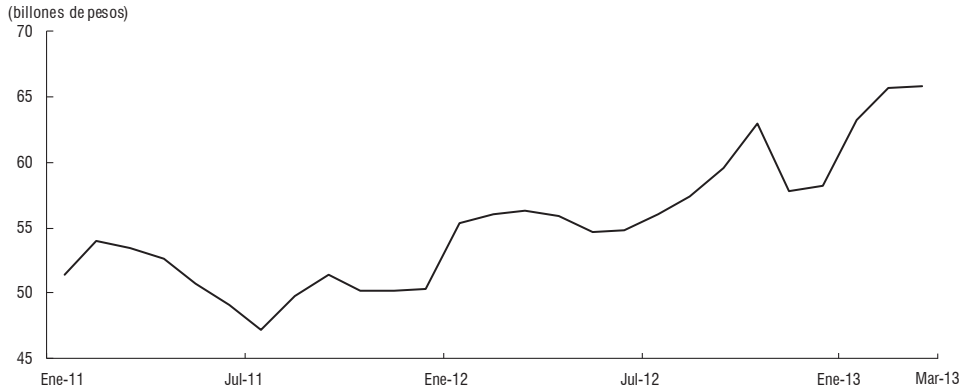
15 Para titularizaciones hipotecarias se tomó el saldo al final de cada mes publicado por la Titularizadora Colombiana y para la no hipotecaria se tomó el saldo promedio del mes reportado por las entidades a la SFC en el formato 351. Para repos, simultáneas y TTV se utilizó la información reportada a la SFC en el formato 397 tomando el promedio mensual de la parte enajenante cuando la contraparte es una entidad vigilada por la SFC (esto para evitar una doble contabilización) o la suma de la parte enajenante y adquiriente cuando la contraparte no es supervisada por la SFC. Para carteras colectivas abiertas se obtuvo la información del saldo al final de mes suministrada por la SFC. Para la cartera de las cooperativas especializadas en ahorro y crédito se tomó la cuenta 14 de los balances reportados por las entidades a la Superintendencia de la Economía Solidaria.

16 Millones de millones.

17 Las simultáneas pasaron de COP7,1 b en junio de 2011 a COP5,2 b en julio de 2011.

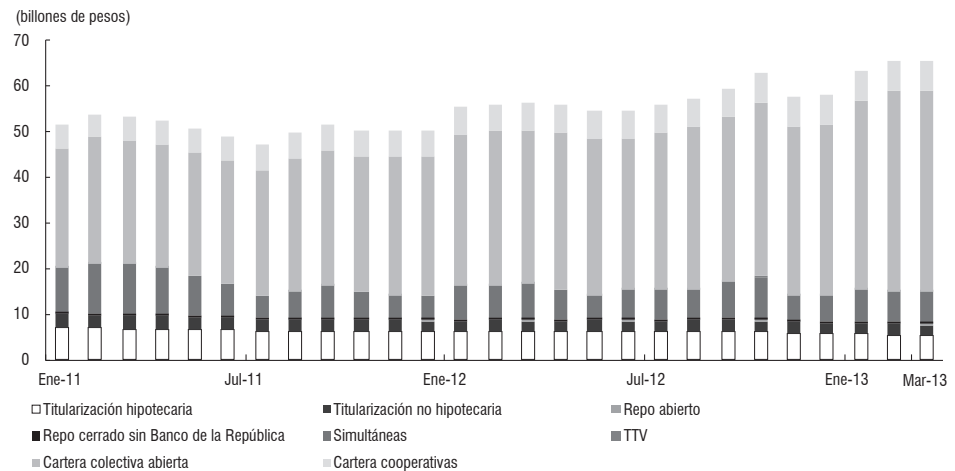
las operaciones del Banco de la República, los repos abiertos y las TTV en conjunto no superan el 0,6% en promedio durante el período analizado¹⁸.

Gráfico 1
Medición del *shadow banking* en Colombia



Fuentes: Superintendencia Financiera de Colombia, Titularizadora Colombiana y Confederación de Cooperativas; cálculos de los autores.

Gráfico 2
Medición por componente del *shadow banking* en Colombia

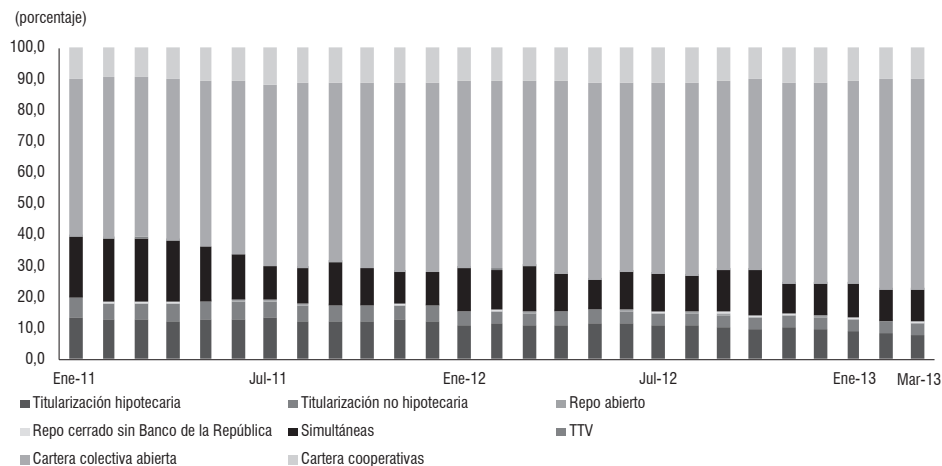


Fuentes: Superintendencia Financiera de Colombia, Titularizadora Colombiana y Confederación de Cooperativas; cálculos de los autores.

18 De acuerdo con Deloitte (2012), en 2011 el *shadow banking* en los Estados Unidos tenía la siguiente composición: fondos del mercado monetario, 27%; repos, 27%; titularizaciones hipotecarias, 24%; titularizaciones no hipotecarias, 14%, y préstamo de títulos, 8%.

Gráfico 3

Participación por componente del *shadow banking* en Colombia



Fuentes: Superintendencia Financiera de Colombia, Titularizadora Colombiana y Confederación de Cooperativas; cálculos de los autores.

2. EVIDENCIA EMPÍRICA SOBRE LAS DECISIONES DE APALANCAMIENTO Y LIQUIDEZ

Recientemente, en el mundo se ha hablado de la prociclicidad del comportamiento de los *shadow banks* y sus posibles efectos sobre los mercados financieros. Por ejemplo, Adrian y Shin (2010) documentan que el apalancamiento de los bancos de inversión en los Estados Unidos ha sido altamente procíclico en los últimos años. Esta tendencia puede tener implicaciones económicas importantes, pues genera que los ciclos expansivos y contráctivos sean más pronunciados, lo que redundaría en costos importantes en términos de bienestar y crecimiento económico de largo plazo.

El comportamiento procíclico de los *shadow banks* está vinculado con las decisiones de apalancamiento y demanda de liquidez que toman estos intermediarios en diferentes condiciones de mercado. Con el fin de ilustrar esta relación, en la siguiente sección se expone un modelo de liquidez desarrollado por Tirole (2011) y Holmström y Tirole (2011) y se analiza la relación que surge en torno de las decisiones de apalancamiento y liquidez, utilizando dicho marco teórico. En esta sección, por su parte, se presentan los resultados del ejercicio propuesto por Adrian y Shin (2010) para identificar la presencia de prociclicidad en las decisiones de los bancos de inversión en los Estados Unidos aplicado al caso colombiano.

Adrian y Shin (2010) parten de la premisa de que si los intermediarios financieros tuvieran un comportamiento pasivo, un aumento en el valor de sus activos generaría caídas en el apalancamiento (medido como la razón entre activos y patrimonio). Por esta razón, se debería observar una relación negativa entre el crecimiento de los activos y el cambio en el nivel de apalancamiento de los intermediarios financieros.

Para ilustrar el argumento, los autores utilizan un ejemplo sencillo (Cuadro 1). Supongamos un balance inicial dado por:

Cuadro 1
Balance inicial

Activos		Pasivos	
Activos (A)	100	Patrimonio (E)	10
		Deuda (D)	90

Fuente: cálculos de los autores.

El nivel de apalancamiento de este intermediario sería igual a 10. Si el valor de los activos aumenta \$1, y suponiendo un nivel de deuda constante, el nuevo nivel de apalancamiento sería 9,18. Por tanto, la relación entre crecimiento de activos y cambios en el nivel de apalancamiento debería ser negativa. En efecto, dicha relación va en esa dirección para los hogares en los Estados Unidos, como lo reportan los autores.

Sin embargo, un intermediario financiero puede tomar una reacción más activa en comparación con un hogar o una empresa. Por ejemplo, si se supone que ante el incremento en el valor de sus activos en 1%, el intermediario podría ajustar su balance con el objetivo de mantener un nivel de apalancamiento de 10. Una posibilidad que tendría el intermediario sería aumentar el valor de su deuda en \$9. Si se supone que con esta deuda adquiere más activos, el intermediario financiero quedaría con un balance de la siguiente forma (Cuadro 2).

Cuadro 2
Balance final

Activos		Pasivos	
Activos (A)	110	Patrimonio (E)	11
		Deuda (D)	99

Fuente: cálculos de los autores.

De esta forma, obtendrían un nivel de apalancamiento constante:

$$A/E = (101 + 9) / 11 = 10$$

Adrian y Shin (2010) resaltan que el efecto es simétrico. Si suponemos que a partir de esta situación el valor de los activos cae a 109, el nivel de apalancamiento sería de 10,9. Si la firma no quisiera disminuir su nivel de apalancamiento, el intermediario podría decidir vender activos en el mercado por un valor de \$9 y con ello pagar deuda por el mismo valor. De esta forma su balance quedaría igual a la situación inicial.

El efecto sobre el mercado y los precios de los activos puede ser aún más fuerte en el caso en el cual la decisión de apalancamiento es procíclica. Cuando el precio de los

activos aumenta, si la firma no quiere disminuir el nivel de apalancamiento entonces se pueden generar presiones hacia la compra de más activos, lo que impulsaría, a su vez, un aumento en los precios de los activos. Si hay una posibilidad de efectos de retroalimentación (*feedback effects*), el ajuste del apalancamiento y cambios en los precios de los activos van a reforzarse entre sí, amplificando los ciclos financieros.

2.1 Ejercicio empírico

Adrian y Shin (2010) estudian el comportamiento de los bancos de inversión en los Estados Unidos. Su importancia creciente y el papel que desempeñaron en la crisis financiera son sus principales argumentos para considerar este grupo de intermediarios financieros. Los autores evalúan la relación existente entre el crecimiento del apalancamiento y el cambio en los activos. Esta relación, como se explicó, es interpretada como una medida de comportamiento procíclico de estos intermediarios. Empíricamente estiman una relación con datos panel en la cual la variable dependiente es el cambio trimestral en el apalancamiento y como variables explicativas usan el crecimiento de los activos, el rezago de la razón de apalancamiento y el cambio en tenencias en los saldos de operaciones repo. Sus resultados señalan que existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre el crecimiento de los activos y el cambio en la razón de apalancamiento. Asimismo, encuentran que el cambio del apalancamiento también está asociado con un mayor uso de las operaciones repo para estos intermediarios.

El objetivo del presente ejercicio es aplicar un análisis similar para el caso colombiano y evaluar si existe una relación positiva entre el crecimiento de los activos de los intermediarios financieros y el cambio en su nivel de apalancamiento, lo que sugeriría un comportamiento procíclico que puede tener implicaciones importantes en los mercados financieros. Adicionalmente interesa evaluar si existe un efecto diferencial en esta relación para un grupo en particular de entidades que pueden estar más relacionadas a actividades de *shadow banking*. Con este propósito se tomó información trimestral del balance de algunos establecimientos de crédito¹⁹ y algunas entidades de servicios financieros²⁰ entre junio de 2003 y septiembre de 2012.

La relación que se quiere evaluar puede ser distinta para entidades que se dedican a negocios diferentes. En el Gráfico 4 se presenta la relación entre crecimiento de los activos (*DACT*) y cambios en el nivel de apalancamiento (*DAPAL*) de un banco comercial, una compañía de financiamiento comercial, una cooperativa financiera y una firma comisionista de bolsa, escogidos de manera aleatoria. En el primer caso puede existir una relación positiva entre las dos variables para tal entidad en particular. En efecto, un estudio reciente encontró que esta relación es positiva para el promedio de los bancos comerciales en Colombia (Hamman *et al.*, 2013)²¹. Para las otras entidades tomadas aleatoriamente, se encuentra una relación positiva entre cambios en los activos y variaciones en el nivel de apalancamiento. En el Anexo 1 se reportan estos mismos cálculos para un grupo amplio de instituciones financieras, discriminando por actividad. Allí se puede observar una

19 Incluye a los bancos comerciales, compañías de financiamiento comercial y cooperativas financieras.

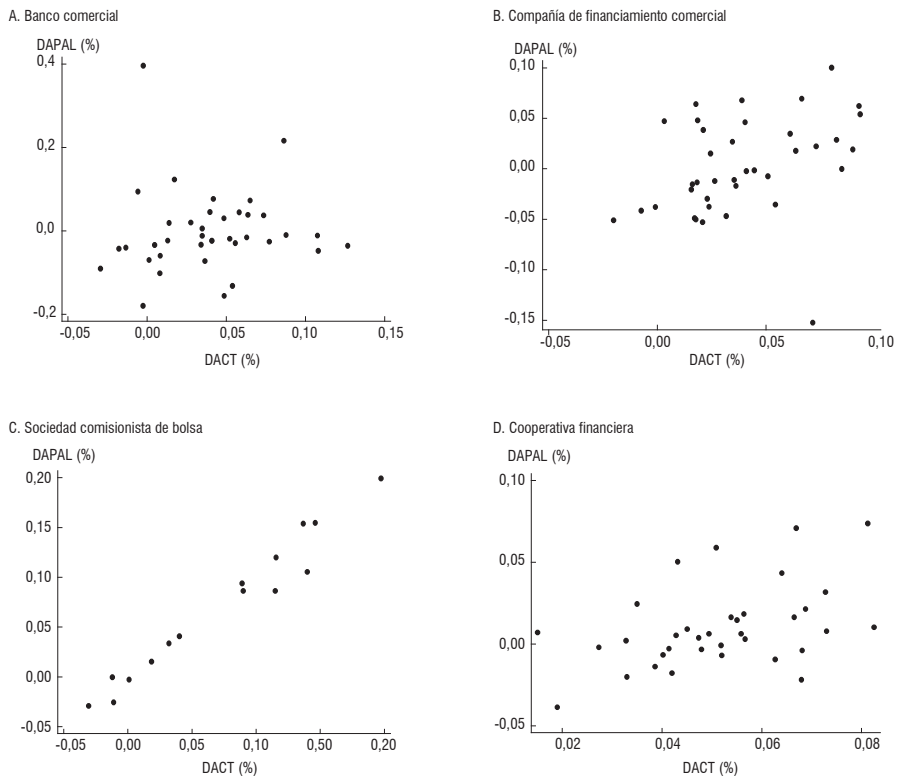
20 Incluye a las sociedades comisionistas de bolsa.

21 También, encuentran un efecto diferencial en esta relación para bancos locales y extranjeros.

relación más estrecha entre el crecimiento de los activos y la variación en el nivel de apalancamiento para las sociedades comisionistas de bolsa con respecto a los otros tipos de entidades del sistema financiero colombiano. Ese resultado es validado empíricamente más adelante.

Gráfico 4

Relación entre crecimiento de los activos y cambio en el apalancamiento



Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

En la Cuadro 3 se presentan algunas estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en el análisis por grupos de entidades. Como puede observarse, en promedio todos los grupos de entidades han aumentado el valor de sus activos en el período analizado. Este incremento ha estado acompañado, también, de un crecimiento en el apalancamiento. Por ejemplo, las sociedades comisionistas de bolsa han exhibido un aumento trimestral de cerca del 20% en el nivel de sus activos, junto con un incremento trimestral del 16% en el apalancamiento. En promedio, su razón de apalancamiento se ubicó en 3,2; sin embargo, vale la pena resaltar la gran dispersión de los datos, los cuales exhiben desviaciones estándar altas.

Cuadro 3
Estadísticas descriptivas por grupo de entidades

Entidades	Cambio en activos (porcentaje)		Cambio en apalancamiento (porcentaje)		Apalancamiento	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Bancos comerciales	4,73	11,17	0,40	11,08	8,93	3,26
Compañías de financiamiento comercial	5,71	10,42	2,07	11,12	6,43	4,25
Cooperativas	4,70	3,39	1,55	5,13	4,47	1,97
Sociedades comisionistas de bolsa	20,34	90,10	15,92	90,26	3,18	3,21

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

A continuación se presenta el resultado de la estimación del modelo propuesto por Adrian y Shin (2010) para el caso colombiano. La regresión que se estima con datos panel del sistema financiero colombiano es la siguiente:

$$DAPAL_{i,t} = CONS + \beta_1 DACT_{i,t} + \beta_2 LOGAPAL_{i,t-1} + \beta_3 SBACT_{i,t} + u_{it} \quad (1)$$

Donde $DAPAL_{i,t}$ corresponde al cambio en el nivel de apalancamiento de la entidad i en el momento t . Esta expresión está en función del cambio observado en los activos ($DACT$), el logaritmo del rezago del nivel de apalancamiento ($LOGAPAL$) y de una variable que busca recoger el efecto asimétrico que pueden presentar cierto tipo de entidades en esta relación ($SBACT$). Esta variable está construida como el producto del crecimiento de los activos por una variable dicotómica que toma el valor de 1 si la entidad corresponde a una sociedad comisionista de bolsa, la cual es el tipo de entidad más cercana a lo que en la literatura se conoce como *shadow banks*. De esta forma se puede evaluar si el efecto del crecimiento de los activos sobre el cambio en el apalancamiento es diferente para estas entidades. Por último, se incluye un término de perturbación u_{it} ²².

Los resultados de esta estimación se presentan en la columna del Modelo 1 en el Cuadro 4. Por una parte, el coeficiente asociado con el crecimiento de los activos es, en efecto, positivo y estadísticamente significativo, lo que sugiere la presencia de un comportamiento procíclico de una entidad promedio del sistema financiero colombiano. Como se anotó, este comportamiento puede tener repercusiones en los mercados financieros mediante altas demandas por activos financieros en momentos de auge y ventas desproporcionadas en momentos de contracción. Por su parte, el coeficiente asociado con el rezago del nivel de apalancamiento es negativo y significativo. Este resultado también se presenta en la estimación de Adrian y Shin (2010). Su interpretación consiste en que el apalancamiento tiene cierto componente de reversión a la media. El coeficiente asociado

22 Se evaluó la presencia de efectos fijos en esta regresión mediante la prueba de Hausman, la cual rechazó la presencia de efectos aleatorios en esta regresión. Adicionalmente, se estimó esta regresión con errores robustos con el fin de controlar por posibles problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación en el término de error.

con la variable que recoge un efecto asimétrico para un grupo de entidades en particular que están más asociadas con las actividades de *shadow banks*, es positivo y estadísticamente significativo²³. En otras palabras, este tipo de entidades presentan un comportamiento más procíclico en comparación al resto de entidades consideradas. Al sumar el coeficiente β_1 y β_3 para evaluar el efecto total promedio de un incremento en el crecimiento de los activos de una de estas entidades sobre el cambio en su nivel de apalancamiento se encuentra un valor de 0,85, que es similar al encontrado por Adrian y Shin (2010) para el caso de los bancos de inversión en los Estados Unidos.

Cuadro 4
Resultados de la estimación de los determinantes del apalancamiento en el *shadow banking*

		Variable dependiente: DAPAL		
Variables explicativas:		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
DACT	Coef.	0,557		
	p-valor	0,000		
logAPAL (rez)	Coef.	(0,100)	(0,880)	(0,932)
	p-valor	0,043	0,000	0,000
SBACT	Coef.	0,292		
	p-valor	0,096		
REPOSSIM	Coef.		0,805	0,786
	p-valor		0,000	0,000
REPOSSIM2	Coef.		0,001	0,001
	p-valor		0,000	0,000
Tasareal	Coef.			(0,031)
	p-valor			0,006
Constante	Coef.	0,106	0,796	0,863
	p-valor	0,100	0,000	0,000
Efectos fijos		Sí	Sí	Sí
Número de observaciones		3822	467	467
R cuadrado		0,73	0,11	0,11

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

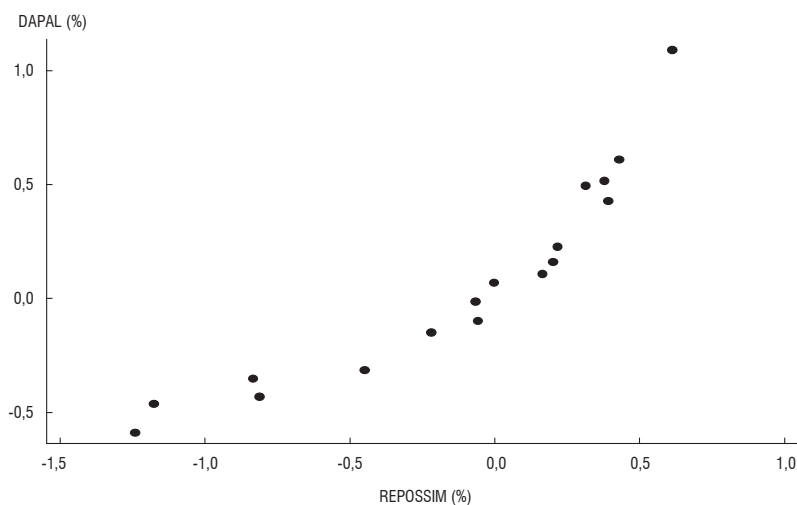
Para explicar el cambio en el nivel de apalancamiento, Adrian y Shin (2010) utilizaron una variable asociada con el cambio en las operaciones repo por parte de los bancos de inversión en los Estados Unidos. En el Modelo 2 del Cuadro 4 se presenta la misma estimación para Colombia para las sociedades comisionistas de bolsa. Para este caso en particular, se incluyeron no sólo las operaciones repo sino las operaciones de simultáneas, las cuales son utilizadas comúnmente por estos intermediarios financieros. La variable *repos-*

23 Utilizando un nivel de confianza de 95%.

sim corresponde a la variación trimestral de los saldos de operaciones de repos y simultáneas tanto en la parte activa como en la parte pasiva²⁴. Una información confiable y recurrente de estas operaciones en el balance de las sociedades comisionistas de bolsa se encuentra únicamente desde enero de 2008 por lo que la estimación se realizó para el subperíodo comprendido entre 2008 y 2012. Nuestros resultados señalan que el incremento en el apalancamiento de estos intermediarios en Colombia se encuentra asociado positivamente con un mayor uso de estos instrumentos. Con el fin de ilustrar este resultado, en el Gráfico 5 se presenta el cambio en el nivel de apalancamiento de una sociedad comisionista de bolsa en particular junto con el cambio porcentual en sus operaciones repo y simultáneas. Como se puede observar, la relación entre estas dos variables es claramente positiva, de lo que se desprende que el cambio en el nivel de apalancamiento de esta entidad estuvo acompañado de un uso efectivo de este tipo de instrumentos. Además, la relación entre estas dos variables puede no ser lineal; para ello se incluyó el cambio en el saldo de repos y simultáneas al cuadrado (*repossim*²) en la explicación del cambio en el nivel de apalancamiento, cuyo resultado fue positivo y estadísticamente significativo.

Gráfico 5

Variaciones en el apalancamiento y uso de operaciones de repos y simultáneas



Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Otra variable que puede resultar relevante al momento de explicar la decisión de apalancamiento corresponde al nivel de tasas de interés reales. En el Modelo 3 se incluye, como variable explicativa del nivel de apalancamiento, la tasa de interés de política monetaria expresada en términos reales (*Tasareal*), usando las expectativas de inflación a un año

24 Tomamos la suma de las operaciones en la parte activa y pasiva de repos y simultáneas, pues el objetivo del ejercicio es recoger el efecto de un uso importante de estos instrumentos siguiendo el enfoque de Adrian y Shin (2010).

que surgen de la encuesta de expectativas del Banco de la República. Se encuentra que, a medida que la tasa de interés real es menor, el nivel de apalancamiento tiende a aumentar.

Por último, con el objetivo de explicar la prociclicidad de los bancos de inversión en los Estados Unidos, Adrian y Shin (2012) resaltan el papel de la valoración a precios de mercado que aplica para estas instituciones. Para el caso colombiano, todos los grupos de entidades en Colombia (a excepción de las cooperativas financieras) clasifican en más del 70% sus inversiones como negociables o disponibles para la venta, lo que sugiere que este elemento también podría contribuir a la explicación de la prociclicidad de las diferentes instituciones financieras en Colombia.

3. MODELO TEÓRICO DE LIQUIDEZ Y APALANCAMIENTO

La evidencia empírica mostrada sugiere la presencia de un comportamiento procíclico del sistema financiero en Colombia en especial al de aquellas entidades que hacen parte de lo que se cataloga como *shadow banks*. Este nivel de prociclicidad se evidencia en que incrementos en el valor de los activos de los intermediarios están asociados con aumentos en su razón de apalancamiento. Asimismo, se encuentra que la dinámica del apalancamiento está asociada con el uso de instrumentos (tales como los repos y las simultáneas por parte de los intermediarios financieros) y con el nivel de la tasa de interés de la economía. A pesar de que Adrian y Shin (2010) explican la relación entre apalancamiento y activos de los intermediarios en torno del posible efecto en el precio de los activos que se puede presentar por decisiones procíclicas de los intermediarios, la comprensión de los efectos no es clara en términos de un marco conceptual más amplio e involucra simultáneamente aspectos de liquidez, apalancamiento, mercados financieros y la dinámica de ciertas variables macroeconómicas, como por ejemplo la tasa de interés.

Entender el canal por el cual ocurre esta relación entre todas estas variables no es sencillo y la literatura en este campo aún es escasa²⁵. En el presente trabajo se decidió utilizar un modelo de liquidez desarrollado por Tirole (2011) y Holmström y Tirole (2011), con el objetivo de entender la interacción entre la demanda de liquidez que tienen los intermediarios financieros, su decisión de apalancamiento y la interacción con ciertas variables económicas (en particular la tasa de interés) en presencia de asimetrías de información. Este es un modelo de equilibrio parcial, caracterizado por la presencia de riesgo moral, el cual se encuentra enmarcado en lo que se conoce como la teoría de información.

Para una mejor comprensión del modelo y sus implicaciones, inicialmente se presenta el concepto de ingreso comprometible (*pledgeable income*), el cual luego servirá para enmarcar un modelo de demanda de liquidez con decisiones de apalancamiento de los intermediarios. Luego se presenta una versión simplificada del modelo de Tirole (2011) con sus principales resultados. También se ilustran algunas interpretaciones y ejercicios de estática comparativa de este modelo. El objetivo es identificar en qué condicio-

25 Adrian y Shin (2014) en un trabajo reciente modelan el problema del apalancamiento de los intermediarios financieros y sus posibles determinantes encontrando que el uso de instrumentos de evaluación de riesgos, como el valor en riesgo (VeR), afecta las decisiones de apalancamiento y la prociclicidad de los intermediarios.

nes la decisión de apalancamiento de los intermediarios puede tornarse más procíclica, el cual fue el resultado encontrado en las estimaciones ya presentadas.

El concepto de ingreso comprometible

En esta subsección se ilustra el concepto de ingreso comprometible, el cual es clave para entender el modelo de liquidez y sus implicaciones. Parafraseando a Holmström y Tirole (2011), este concepto está relacionado con las bases de la teoría de las finanzas corporativas y es aplicado, en este caso particular, para justificar la demanda por liquidez de los intermediarios.

Este enfoque suele trabajarse desde una perspectiva de un problema principal-agente. En este caso, el principal corresponde a un conjunto de inversionistas no informados que hacen parte de un mercado financiero, los cuales deciden si financian o no proyectos de inversión realizados por un conjunto de agentes. Los intermediarios financieros son quienes realizan los proyectos de inversión que no pueden cubrir exclusivamente con su nivel de capital y por tanto demandan financiamiento externo a los inversionistas en el mercado.

El intermediario financiero invierte i unidades en un proyecto que se realiza en el período inicial, durante el cual se genera un retorno de ρ_1 por unidad invertida. En un mundo con mercados financieros perfectos, si el valor presente neto (VPN) del proyecto, que surge de restar el retorno total de la inversión y el monto total invertido²⁶, es positivo ($\rho_1 i - i > 0$), la inversión en su totalidad podría ser financiada por inversionistas ajenos al intermediario. Sin embargo, en la realidad los agentes no consiguen financiamiento por esa cantidad, sino por una fracción menor. Holmström y Tirole (2011) plantean que tan sólo una fracción del proyecto ρ_0 por unidad invertida es comprometible a inversionistas externos.

Esta diferencia entre el ingreso total del proyecto en el futuro y el ingreso comprometible $(\rho_1 - \rho_0)i$ puede surgir de diferentes fuentes. Holmström y Tirole (2011) señalan que pueden existir restricciones exógenas y restricciones endógenas para que los intermediarios no puedan comprometer todo el ingreso futuro de sus inversiones. Por el lado de las restricciones exógenas, se pueden ubicar aspectos relacionados con diferencias en percepción entre los inversionistas y los intermediarios financieros. En este caso, los intermediarios financieros pueden tener una mayor confianza en torno de los resultados del proyecto (por ejemplo, generado por problemas de sobreconfianza) o un beneficio privado que surge de dicha inversión. Por tanto, es natural que exista una brecha entre lo que se genera del proyecto y lo que los inversionistas están dispuestos a financiar.

En cuanto a las restricciones endógenas, las rentas finales de los intermediarios financieros surgen de la solución de un problema de información asimétrica de tipo principal-agente. En este caso el principal (conjunto de inversionistas) van a remunerar a los agentes (intermediarios) con el objetivo de incentivarlos a que se comporten de manera

26 Suponiendo un factor de descuento igual a 1 entre el período en el cual se invierte y el período en el que se generan los retornos de la inversión.

óptima dejando de lado comportamientos no deseados (como por ejemplo, consumir privadamente parte del beneficio del proyecto).

Por otra parte, el concepto de ingreso comprometible está relacionado con lo que la literatura macrofinanciera cataloga como el mecanismo de acelerador financiero (Kiyotaki y Moore, 1997; Bernanke y Gertler, 1989). Las fricciones financieras de los modelos macroeconómicos surgen en especial de la necesidad que tienen los prestamistas de exigir que las obligaciones estén respaldadas con el colateral de los deudores. En esas circunstancias, la capacidad de obtener financiación externa del sector privado depende en gran parte de los choques que afecten el capital de los prestatarios potenciales. Los efectos de choques en los precios de los activos sobre la economía pueden verse amplificados por las consecuencias negativas en la capacidad de financiar proyectos con recursos externos. Esta literatura habla del costo de uso de los recursos, el cual surge precisamente de la capacidad de endeudamiento de los agentes privados. En tal contexto, las condiciones de la economía y el desarrollo financiero pueden afectar la capacidad de los agentes de poder comprometer recursos en el mercado para financiar sus proyectos. Este concepto es equivalente al ingreso comprometible que aquí se utiliza.

3.1 Descripción del modelo de liquidez

El modelo desarrollado en Tirole (2011) permite establecer un marco analítico relativamente simple donde se ilustra el manejo de la liquidez de los intermediarios y el concepto de liquidez de fondeo. En el modelo aquí presentado se establece un *trade off* entre escala de las inversiones y la liquidez, el cual, para este caso es muy importante. En esta interpretación del resultado existiría un *trade off* entre la decisión de apalancamiento y la liquidez de los intermediarios.

A continuación se describen los elementos básicos del modelo. En esta economía existen tres períodos: $t = 0, 1, 2$ y dos agentes. Por una parte, están los inversionistas no informados y, por la otra están los intermediarios financieros, que llamaremos *shadow banks*²⁷. Los inversionistas demandan un retorno (normalizado) de una unidad en $t = 2$ por cada unidad invertida en $t = 0$ y un retorno de R entre $t = 1$ y $t = 2$.

Los *shadow banks* realizan inversiones en los mercados financieros. Como se explicará, pueden invertir en diferentes tipos de activos (líquidos e ilíquidos). Ellos financian parcialmente sus inversiones con recursos propios de capital (a). El resto de la inversión en activos líquidos e ilíquidos es financiado por los inversionistas no informados.

27 En la presentación de Tirole (2011) el autor no habla específicamente de *shadow banks*, sin embargo en las reflexiones finales del libro de Holmström y Tirole (2011) los autores sugieren que la estructura general del modelo presentado podría aplicarse a este tipo de intermediarios en sus dos actividades principales: intermediación de colateral y titularización. Sobre el primer tema, el aspecto de manejo contingente de liquidez con base en los ingresos futuros (ingreso comprometible) es una buena representación de la intermediación de colaterales. En cuanto a la labor de titularización, se puede utilizar una versión de este modelo que considera la liquidez de mercado en el cual los *shadow banks* pueden utilizar parte de sus activos en usos alternativos, generando la actividad del proceso de titularización que implica una transformación de capital “muerto” a capital “vivo” (De Soto, 2003).

Activos ilíquidos

Los activos ilíquidos generan un retorno de ρ_0 en $t = 2$ por unidad invertida en $t = 0$. Tan solo una proporción de esta inversión ρ_0 es comprometible a inversionistas externos a la firma, quienes son agentes no informados. Como ya se explicó, y como lo resalta Tirole (2011), la diferencia entre ρ_1 y ρ_0 puede estar motivada por beneficios privados de control, problemas de verificación o pagos en términos de incentivos para resolver un problema de riesgo moral. Como resultado, ρ_0 puede ser entendido como una medida de *quality of governance* influenciada por factores como el desarrollo del mercado financiero y la facilidad de obtener financiación externa por medio de un colateral. El *shadow bank* invierte i cantidad en activos ilíquidos y se establece que i puede tomar valores entre 0 e I , donde I corresponde al valor máximo de inversión en el activo ilíquido. Se supone que $R > \rho_0$ con el objetivo de validar la existencia de problemas de refinanciación de los intermediarios financieros.

Activos líquidos

Los *shadow banks* pueden invertir en activos líquidos en $t = 0$, los cuales no generan retorno ni pierden valor en el tiempo. El precio de este activo líquido es representado por q . Este debe ser mayor que 1, pues, de otra forma, la liquidez no sería costosa en esta economía. Definimos xi , la inversión en $t = 0$ como la inversión total realizada en el activo líquido. Al representar la cantidad invertida en este activo de esa forma, se puede entender el valor de x simplemente como una razón de liquidez.

Choque de liquidez

En $t = 1$, con probabilidad α , el *shadow bank* no se enfrenta a un choque de liquidez y puede recoger sus beneficios en $t = 2$ sin ningún inconveniente. En el caso contrario, con una probabilidad de $1 - \alpha$, enfrenta el choque de liquidez y debe reinvertir una unidad por cada unidad que quiera mantener hasta $t = 2$ (siendo j , $0 \leq j \leq 1$, el tamaño de la “continuación”). La razón $(i - j) / i$ representa el tamaño de la disminución en la inversión por la existencia de un choque de liquidez. En otras palabras, el valor de j puede interpretarse como el valor final de la inversión, dada la existencia de un choque de liquidez.

Pensar de este modo en términos del choque de liquidez no es en principio algo sencillo; sin embargo, es conveniente para simplificar el análisis posteriormente. No obstante, Holmström y Tirole (2011) muestran que se puede ampliar el análisis con las mismas implicaciones utilizando una definición más general de choques.

En el caso en el cual un *shadow bank* enfrente un choque de liquidez, este puede utilizar las siguientes fuentes para cubrirlo:

- Su liquidez guardada, que tendrá el valor de xi en $t = 2$.
- Su liquidez de fondeo, con valor $\rho_0 j$ en $t = 2$.

El último término corresponde a la liquidez que el *shadow bank* puede obtener utilizando como garantía sus activos ilíquidos.

Los flujos que obtiene el *shadow bank* deben ser suficientes para financiar la continuación. En otras palabras, la condición de liquidez para el *shadow bank* debe satisfacerse. Esta está dada por la siguiente expresión:

$$j \leq \frac{\rho_0 j + xi}{R} \quad (1)$$

Acá se resalta que bajas tasas de interés (R) en $t = 1$ favorecen la continuación de los proyectos. En otras palabras, escenarios de bajas tasas de interés generan menores incentivos para los intermediarios de tener liquidez. Este resultado es acorde con lo que la literatura conoce como el canal de toma de riesgos de la política monetaria.

La cantidad de recursos financiados externamente a los *shadow banks*, está dada por la suma de los activos ilíquidos y líquidos menos el capital con el que cuentan.

$$i + qxi - a$$

En la ausencia de choques de liquidez, no habrá razones para que los *shadow banks* disminuyan la escala de inversión. En $t = 2$, los inversionistas no informados recibirán $\rho_0 i + xi$. En el caso de que haya un choque se continuará a una escala de j , la cual está dada por la ecuación (2), que surge de expresar la condición de liquidez (1) con igualdad.

$$j = \frac{xi}{R - \rho_0} \quad (2)$$

Por la linealidad del modelo, es posible esperar que ante un choque de liquidez los *shadow banks* decidan entre dos casos extremos. Por una parte, estos pueden decidir continuar a escala completa ($j = i$), o por el contrario pueden decidir no continuar ($j = 0$).

Decisiones de liquidez

Como se ilustra a continuación, el *shadow bank* puede tomar dos decisiones. Por una parte, puede decidir demandar liquidez con el objetivo de garantizar que sus inversiones en activos ilíquidos van a llegar hasta su completitud, a pesar de que exista la posibilidad de enfrentar choques de liquidez. La segunda alternativa consiste en decidir no demandar activos líquidos e invertir todos los recursos en activos ilíquidos. En ese caso, el intermediario obtiene una inversión mayor en activos ilíquidos (mayor escala), pero se enfrenta al riesgo de no poder llevar a cabo la inversión hasta el final por la presencia de un choque de liquidez. A continuación se ilustra cada alternativa y se estudia en qué condiciones un *shadow bank* puede preferir más una alternativa que la otra.

Shadow bank líquido

En el caso de que el *shadow bank* decida tener recursos líquidos que le garanticen mantener un nivel total de continuación ($j = 1$), utilizando la ecuación (2) se obtiene que las tenencias de liquidez están dadas por:

$$x = R - \rho_0$$

La capacidad de endeudamiento de los *shadow banks* estaría dada por la igualdad entre el total de recursos por financiar y los recursos generados para los inversionistas no informados. Esta expresión se presenta en la ecuación (3).

$$i + qxi - a = (\rho_0 + x)i \quad (3)$$

De la capacidad de endeudamiento del *shadow bank* se puede obtener el nivel de inversión y de apalancamiento que este escoge. Despejando i de la ecuación anterior se obtiene:

$$i = \frac{a}{1 + q(R - \rho_0) - R} \quad (4)$$

El nivel de apalancamiento del *shadow bank* está dado por la relación entre sus activos ilíquidos y su nivel patrimonial.

$$Lev_{liq} = \frac{i}{a} = \frac{1}{1 + q(R - \rho_0) - R} \quad (5)$$

Por su parte el nivel de utilidad del *shadow bank* estaría dado por:

$$U = (\rho_1 - \rho_0)i$$

Shadow bank ilíquido

Si, por el contrario, el *shadow bank* decide ser ilíquido ($x = 0$) el valor de continuación es igual a cero ($j = 0$). En este caso, el intermediario se expone ante el riesgo de quiebra por presencia de choques de liquidez; sin embargo, la cantidad disponible que puede invertir en el activo ilíquido es mayor. Dado que habíamos establecido que el nivel de inversión en el activo ilíquido se encontraba entre 0 e I , en este caso el SB escogería el nivel máximo de inversión posible (I). La condición de financiamiento estaría dada por (6).

$$I - a = \alpha \rho_0 I \quad (6)$$

El nivel de inversión en activos ilíquidos que puede hacer el intermediario corresponde a:

$$I = \frac{a}{1 - \alpha \rho_0} \quad (7)$$

El nivel de apalancamiento del *shadow bank* en caso de ser ilíquido, está dado por:

$$Lev_{ilq} = \frac{I}{a} = \frac{1}{1 - \alpha\rho_0} \quad (7)$$

El nivel de utilidad del *shadow bank* en este caso estaría dado por:

$$U' = \alpha(\rho_1 - \rho_0)I$$

Dado que $i < I$ existe un *trade-off* para los *shadow banks* entre liquidez y escala de las inversiones. En otras palabras, la liquidez tiene un costo de oportunidad en términos de inversiones y apalancamiento. El *shadow bank* va a decidir demandar liquidez si $U \geq U'$. Esto ocurre cuando:

$$(\rho_1 - \rho_0)i \geq \alpha(\rho_1 - \rho_0)I$$

Tirole (2011) demuestra que esto ocurre cuando:

$$\frac{(1 - \alpha)^2}{\alpha} \geq (q - 1)(1 - \rho_0) - (1 - R)(q - \alpha) \quad (8)$$

Esta condición se cumple de modo más fácil cuando el costo de la liquidez es relativamente bajo (q cercano a 1) y los choques de liquidez son de cierta forma probables (α no es cercano a 1). Por otra parte, la tenencia de liquidez es más plausible cuando el ingreso comprometible es mayor (ρ_0 es alto). De esta forma, Holmström y Tirole (2011) concluyen que la tenencia de liquidez puede ser complementada con liquidez de fondeo.

Escenarios de auge-crisis

Si suponemos que existe una oferta limitada de liquidez en la economía (L_s), la ecuación (8) con igualdad establece una cota superior en torno del precio de la liquidez (q^{max}) a la que están dispuestos los *shadow banks* a pagar por los activos líquidos. Este límite superior se incrementa al subir la probabilidad de tener choques de liquidez; también, depende positivamente de la posibilidad de generar ingreso comprometible (ρ_0) y negativamente de la tasa de interés R .

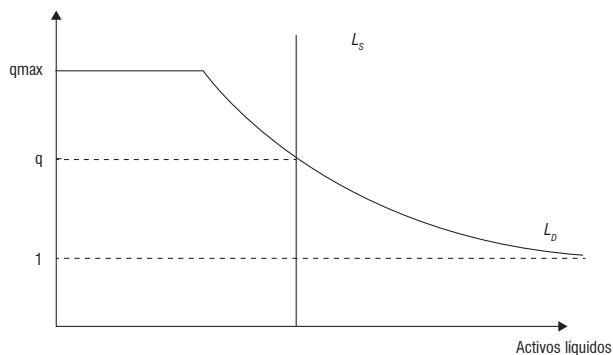
Existe una demanda de liquidez cuando $1 < q \leq q^{max}$

La expresión de demanda por liquidez está dada por:

$$L_D = xi = (R - \rho_0)i = \frac{(R - \rho_0)a}{1 + q(R - \rho_0) - R} \quad (9)$$

En el Diagrama 1 se presenta el equilibrio de mercado por activos líquidos.

Diagrama 1
Equilibrio en el mercado de liquidez



Fuente: elaboración de los autores.

Los escenarios de auge pueden surgir de aumentos en el valor de los activos de los intermediarios ($\uparrow a$). En este caso es posible que se incremente el valor de las inversiones y el apalancamiento de los *shadow banks*. Este aumento en la inversión genera una mayor demanda por activos líquidos (ecuación 9). En este caso, el precio de los activos líquidos (q) debe ajustarse (aumentar) para llegar al equilibrio en este mercado. Según Tirole (2011), si los incrementos en los activos de los intermediarios son lo suficientemente grandes, generan aumentos en el nivel de inversión y una menor razón de liquidez ($x = L_s / i$), lo que resulta en una crisis en tiempos malos (p. e.: cuando se presentan caídas en el valor de los activos de los intermediarios).

Teniendo en cuenta este marco conceptual, se plantean algunos ejercicios de estática comparativa que se relacionan con los hallazgos empíricos ya presentados.

3.2 Ejercicios de estática comparativa

En primer lugar, los incrementos en el nivel de activos de los intermediarios pueden incentivar a los *shadow banks* a tomar mayores niveles de apalancamiento. Dado que el modelo encuentra los niveles de inversión óptimos para aquellos, se puede demostrar, utilizando este marco conceptual, que en efecto la decisión de apalancamiento de los intermediarios puede tornarse procíclica.

Proposición 1: un crecimiento en los activos de los intermediarios puede generar incrementos en el valor de las inversiones y un mayor nivel de apalancamiento de los *shadow banks*.

Prueba: independientemente de las decisiones de liquidez de los *shadow banks*, las inversiones se incrementan cuando aumentan sus activos. Para concluir esto, se observa

la primera derivada del nivel de inversiones frente al valor de a , el cual es equivalente a la razón de apalancamiento, expresiones (10) y (11):

$$\frac{\partial i}{\partial a} = levliq = \frac{1}{1 + q(R - \rho_0) - R} > 0 \text{ para } j = i \quad (10)$$

$$\frac{\partial I}{\partial a} = leviliq = \frac{1}{1 - \alpha\rho_0} > 0 \text{ para } j = 0 \quad (11)$$

Para cumplir las condiciones, se requiere que $1 + q(R - \rho_0) > R$ en el primer caso, y que $1 > \alpha\rho_0$ en el segundo caso.

Dado que $q > 1$, la primera condición se cumple para cualquier valor de los parámetros, ya que $R > \rho_0$ y $0 < R < 1$. Por su parte, la segunda condición se cumple en todos los casos, ya que ρ_0 y α son menores que 1.

Sin embargo, la condición anterior no es suficiente para mostrar un comportamiento procíclico del apalancamiento con respecto al crecimiento de los activos de los intermediarios, ya que los *shadow banks* pueden demandar liquidez y, en ese caso, un incremento en el apalancamiento no los hace especialmente más sensibles ante un choque. No obstante, como se mostrará en la proposición 2, la demanda de liquidez ante un incremento en los activos de los intermediarios en efecto aumenta en una menor proporción que el apalancamiento.

Proposición 2: la sensibilidad de la demanda de liquidez es menor a la sensibilidad de la inversión con respecto a cambios en los activos de los *shadow banks*.

Prueba: la derivada de la demanda de liquidez (ecuación 9) con respecto al activo de los *shadow banks* es menor que la derivada de la inversión con respecto al valor de los activos (ecuación 10).

$$\frac{\partial L_D}{\partial a} = \frac{(R - \rho_0)}{1 + q(R - \rho_0) - R} < \frac{1}{1 + q(R - \rho_0) - R} \text{ para } j = i$$

El caso en que $j = 0$ no se analiza, ya que aquí no habría demanda por liquidez.

El resultado anterior sugiere que ante un incremento en el valor de sus activos, los *shadow banks* no están incentivados a incrementar sus márgenes de liquidez en la misma proporción. Dada la existencia de un *trade off* entre liquidez y escala de las inversiones, los *shadow banks* pueden preferir incrementar el tamaño de sus inversiones y, por tanto, su nivel de apalancamiento en lugar de aumentar sus márgenes de seguridad generados por la demanda de liquidez.

En el caso contrario, cuando ocurre una caída de los activos, la disminución del apalancamiento es mayor que la reducción en las tenencias de liquidez de los *shadow banks*. En otras palabras, ante un escenario adverso caracterizado por caídas en sus activos, la disminución más que proporcional en el apalancamiento y en el nivel de inversión en activos ilíquidos puede tener un efecto negativo importante en los mercados.

Tal como Adrian y Shin (2010) mostraron empíricamente, así como en el ejercicio que se ha presentado con datos del sistema financiero colombiano, la decisión de apalancamiento puede estar asociada con la posibilidad de generar ingreso comprometible a través del uso de colaterales. En particular se mostró que el apalancamiento está asociado con la utilización de instrumentos como los repos y simultáneas, por parte de los intermediarios. En el modelo de Tirole (2011) la capacidad de generar ingreso comprometible está asociada con el parámetro ρ_0 . En la proposición 3 se analizan los efectos de un mayor ingreso comprometible en torno de las decisiones de apalancamiento.

Proposición 3: un mayor ingreso comprometible (ρ_0) genera incentivos para que los *shadow banks* decidan tener un mayor nivel de apalancamiento.

Prueba: al derivar el apalancamiento con respecto a ρ_0 , obtenemos las siguientes expresiones (dependiendo de si los *shadow banks* demandan o no liquidez)

$$\frac{\partial Levliq}{\partial \rho_0} = \frac{q}{[1 + q(R - \rho_0) - R]^2} > 0 \text{ para } j = i$$

$$\frac{\partial Levliq}{\partial \rho_0} = \frac{1}{[1 - \alpha \rho_0]^2} > 0 \text{ para } j = 0$$

En efecto, cuando los *shadow banks* pueden comprometer una mayor proporción del ingreso de su activo ilíquido, su nivel de apalancamiento tiende a ser mayor, por lo cual sus decisiones se pueden tornan más procíclicas.

Este resultado es relevante al comparar las decisiones de apalancamiento de diferentes grupos de intermediarios del sistema financiero. La naturaleza de las actividades propias de los *shadow banks*, tales como la intermediación de colaterales, hace esperar que este grupo de intermediarios tenga un mayor ingreso comprometible en comparación con otro grupo de entidades (como los bancos comerciales), cuya naturaleza se fundamenta en la financiación de activos como la cartera y, en menor grado, en la realización de inversiones. El resultado de la proposición 3 sugiere que la sensibilidad del nivel de inversión con respecto al valor de los activos (que es equivalente al nivel de apalancamiento) depende positivamente de la capacidad de generar ingreso comprometible, por lo que, en efecto, de acuerdo con el modelo teórico, las decisiones de apalancamiento de los *shadow banks* tenderían a ser más procíclicas en comparación con las decisiones de otro tipo de instituciones financieras.

Por último, es importante analizar cómo las expectativas en torno de la política monetaria pueden afectar las decisiones de apalancamiento de los *shadow banks* (proposición 4). La literatura reciente (Gambacorta, 2011; Borio y Zhu, 2008) ha resaltado el papel del canal de toma de riesgo de la política monetaria con los posibles efectos financieros que pueden surgir de escenarios persistentes de bajas tasas de interés en la economía.

Proposición 4: una expectativa de tasas de interés bajas genera condiciones propicias para incrementar el nivel de apalancamiento de los *shadow banks*.

Prueba: al tomar la derivada del apalancamiento con respecto a la tasa de interés, se encuentra un valor negativo

$$\frac{\partial levliq}{\partial R} = \frac{-(q-1)}{(1+q(R-\rho_0)-R)^2} < 0$$

Dado que $q \geq 1$, esta derivada es negativa, lo que implica que disminuciones en la expectativa de tasa de interés incrementan el nivel de apalancamiento de los *shadow banks*.

En resumen, en esta sección se presenta un modelo teórico que muestra que las decisiones de apalancamiento de los intermediarios están, en efecto, asociadas con la dinámica de sus activos y que la correlación entre el apalancamiento y la dinámica de los activos puede ser positiva al tener en cuenta decisiones de inversión (escala) y liquidez (aseguramiento). Además, las decisiones de liquidez y apalancamiento de los intermediarios están afectadas por la posibilidad que tienen los agentes de comprometer ingresos a futuro, por ejemplo, mediante la búsqueda de financiamiento en el mercado, utilizando activos como colaterales. Una mayor capacidad de generar ingresos a futuro puede incentivar la toma de mayores niveles de apalancamiento. Por último, las decisiones de liquidez y apalancamiento están afectadas por ciertas variables económicas, tales como las expectativas de tasas de interés. Escenarios de expectativas de tasas de interés bajas en un futuro pueden generar condiciones propicias para la mayor toma de riesgo por parte de los intermediarios financieros.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo financiero de las economías puede traer grandes beneficios en la asignación de recursos, labor de monitoreo, gestión de riesgo, generación de riqueza y bienestar social. Todos estos elementos son claves para el desarrollo económico de largo plazo de los países. Sin embargo, el desarrollo significativo y acelerado del sistema financiero exhibido en los últimos tiempos ha traído consigo el surgimiento de actividades de intermediación que se salen de la actividad tradicional de los bancos, lo que en la literatura se ha denominado como *shadow banking*.

Es importante tener en cuenta que, a pesar de los beneficios potenciales que puede generar el desarrollo financiero, el surgimiento y crecimiento del *shadow banking* también trae consigo riesgos importantes, asociados con la toma excesiva de riesgos, lo cual genera retos significativos para las autoridades encargadas de las políticas económicas y financieras. En efecto, recientemente el FSB (2012) publicó para comentarios un documento donde hace recomendaciones para mejorar la supervisión y la regulación de las entidades, excluyendo a los fondos del mercado monetario, que hacen parte del *shadow banking*. Sobre los fondos del mercado monetario, la Iosco (2012) publicó un reporte final con recomendaciones de regulación en octubre de 2012.

Aquí se construye un indicador de *shadow banking* para Colombia, siguiendo como referencia algunos indicadores que se han calculado en economías desarrolladas. Este indicador fue construido a partir de la suma de diferentes operaciones que internacio-

nalmente se han asociado con esta actividad. A marzo de 2013, según el indicador, el *shadow banking* en Colombia ascendía a COP65,8 b y ha venido creciendo en los últimos años. Dicha actividad es equivalente al 9,9% del PIB de 2012 y a 17,1% de los activos de los establecimientos de crédito. También se encontró que el *shadow banking* en Colombia está concentrado, principalmente, en el manejo de carteras colectivas abiertas (59,6%) seguido de las operaciones simultáneas (13,3%), las titularizaciones hipotecarias (11,4%), la cartera de las cooperativas (10,7%) y las titularizaciones no hipotecarias (4,5%). Los repos cerrados, sin incluir las operaciones del Banco de la República, los repos abiertos y las TTV tienen una participación muy baja en el indicador.

En segundo lugar, se halló evidencia de un comportamiento procíclico del sistema financiero en Colombia en especial el de aquellas entidades que hacen parte de lo que se cataloga como *shadow banks*. Este nivel de prociclicidad se evidencia en que incrementos en el valor de los activos de los intermediarios están asociados con aumentos en su razón de apalancamiento. Adicionalmente, se encontró que la dinámica del apalancamiento está asociada con el uso de instrumentos tales como los repos y las simultáneas por parte de los intermediarios financieros y con expectativas de menores niveles de tasas de interés. Dichas relaciones se validaron con la aplicación de un modelo teórico y un ejercicio empírico.

En conclusión, es importante realizar un continuo monitoreo del *shadow banking* en Colombia y sus posibles implicaciones macroeconómicas. El creciente comportamiento de esta actividad en los últimos años, al igual que su carácter procíclico, genera retos importantes para las autoridades económicas y financieras. Por una parte, la efectividad de las políticas que buscan suavizar el ciclo económico, se puede ver afectada por las decisiones de unos agentes cada vez más grandes y con decisiones de apalancamiento especialmente procíclicas, las cuales pueden contrarrestar los efectos de las políticas contracíclicas.

Por otra parte, es importante que las autoridades económicas estudien las fuentes que pueden alimentar dicha prociclicidad. En este documento se encontró que el apalancamiento de los intermediarios puede tornarse más procíclico en condiciones en las cuales las instituciones financieras pueden financiarse más fácilmente mediante la intermediación de colaterales, por medio, por ejemplo, del uso de operaciones de repos y simultáneas.

REFERENCIAS

- Adrian, T.; Shin, H. S. (2010). "Liquidity and Leverage", *Journal of Financial Intermediation*, 19: pp. 418-437.
- Adrian, T.; Shin, H. S. (2014). "Procyclical Leverage and Value-at-Risk" *Review of Financial Studies*, 27 (2), pp. 373-403.
- Arestis, P; Demetriades, P.; Luintel K. (2001), "Financial Development and Economic Growth: The Role of Stock Markets", *Journal of Money, Credit and Banking*, Blackwell Publishing, vol. 33(1), pp 16-41, febrero.
- Bakk-Simon, K.; Borgioli, S.; Girón, C.; Hempell, H.; Maddaloni, A.; Recine, F.; Simonetta, R. (2012). "Shadow Banking in the Euro Area", *Ocassional Paper Series*, núm. 133, Banco Central Europeo.
- Bernanke, B.; Gertler, M., (1989). "Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations", *American Economic Review*, 79 (1), pp 14-31.
- Bernanke, B.; Gertler, M.; Gilchrist S., (1999). "The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework", *Handbook of Macroeconomics*, en: J. B. Taylor y M. Woodford (ed.), *Handbook of Macroeconomics*, 1a edición, volumen 1, cap 21, pp 1341-1393, Elsevier.
- Borio, C.; Zhu H. (2008). "Capital Regulation, Risk-Taking and Monetary Policy: A Missing Link in the Transmission Mechanism?", *BIS working papers*, número 268, 2008.
- Claessens, S; Pozsar, Z.; Ratnovski, L.; Singh, M., (2012). "Shadow Banking: Economics and Policy", *IMF Discussion Note*, SDN/12/12.
- De Soto, H (2003) "The Mystery of Capital: Why Capitalisms Triumphs in the West and Fails Everywhere Else", *New York: Basic Books*.
- Deloitte (2012). The Deloitte Shadow Banking Index.
- Financial Stability Board (2011). "Shadow Banking: Strengthening Oversight and Regulation".
- Financial Stability Board (2012). "Shadow Banking: Strengthening Oversight and Regulation. A Policy Framework for Strengthening Oversight and Regulation of Shadow Banking Entities".
- Financial Stability Board (2014). "Regional Consultative Group for the Americas. Working Group on Shadow Banking".
- Gambacorta, L., (2011). "The Risks of Low Interest Rates", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 29, núm. 64, Edición especial Riesgos en la Industria Bancaria, pp 14-31.
- Hamman, F.; Hernández, R.; Silva, L.; Tenjo, F., (2013) "Credit Pro-cyclicality and Bank Balance Sheet in Colombia", *Borradores de Economía*. núm 762, Banco de la República.
- Holmström, B.; Tirole, J., (2011). "Inside and Outside Liquidity", *MIT Press*.
- International Organization of Securities Commissions (2012). "Policy Recommendations for Money Market Funds".
- Kiyotaki, N.; Moore, J., (1997). "Credit Cycles", *Journal of Political Economy*, vol. 105 (2), pp 211-248.

- Masoud, N.; Hardaker, G., (2012). “The Impact of Financial Development on Economic Growth: Empirical Analysis of Emerging Market Countries”, *Studies in Economics and Finance*, vol. 29, Iss: 3, pp.148–173.
- Pozsar, Z.; Adrian, T.; Ashcraft, A.; Boesky, H., (2012). “Shadow Banking”, Federal Reserve Bank of New York, Staff Reports.
- Pozsar, Z.; Adrian, T.; Ashcraft, A.; Boesky, H., (2013). “Shadow Banking”, Federal Reserve Bank of New York, Economic Policy Review.
- Pozsar, Z.; Singh, M., (2011). “The Non-Bank Nexus and the Shadow Banking System”, IMF.
- Tirole, J., (2011). “Illiquidity and all its friends”, *Journal of Economic Literature*, vol 49(2), pp 287-325.

ANEXO 1

En este anexo se presenta la relación del crecimiento trimestral de los activos con respecto al cambio en el nivel de apalancamiento por grupo de intermediarios, como una posible medida de prociclicidad de las entidades (Adrian y Shin, 2010). Se reporta esta relación para un grupo de bancos comerciales (Gráfico A1.1), compañías de financiamiento comercial (Gráfico A1.2), cooperativas financieras (Gráfico A1.3) y sociedades comisionistas de bolsa (Gráfico A1.4). El resultado general señala que dicha relación es positiva para muchas entidades del sistema financiero colombiano, especialmente para las sociedades comisionistas de bolsa.

Gráfico A1
A1.1 Bancos

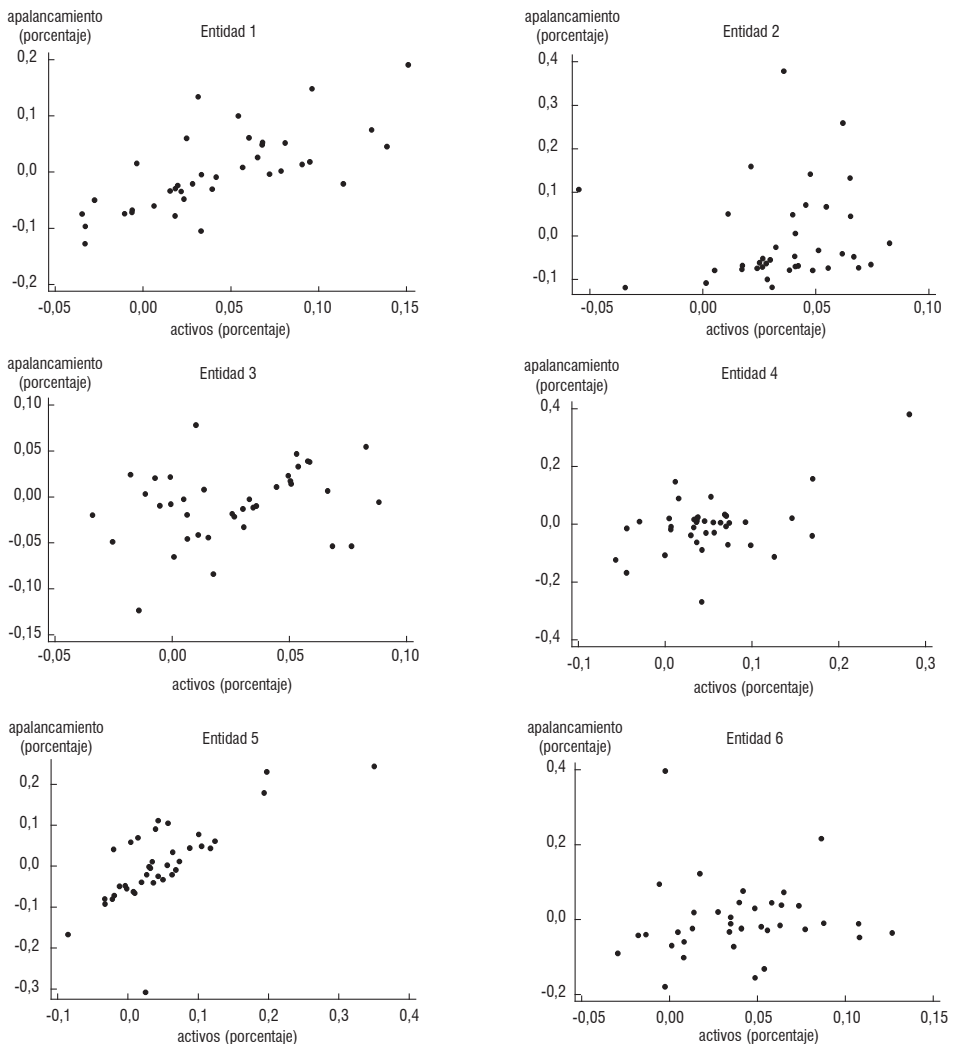
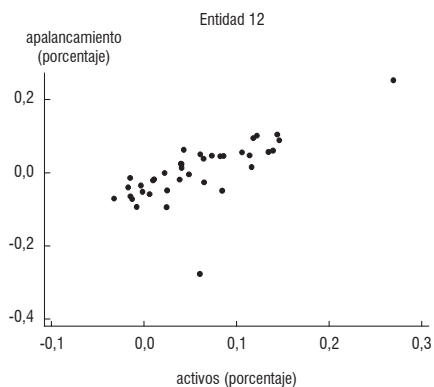
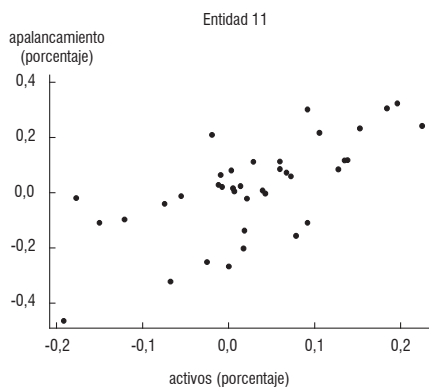
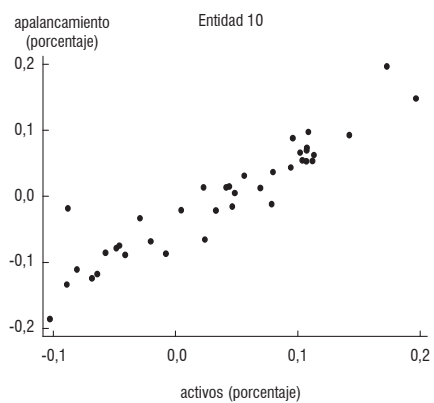
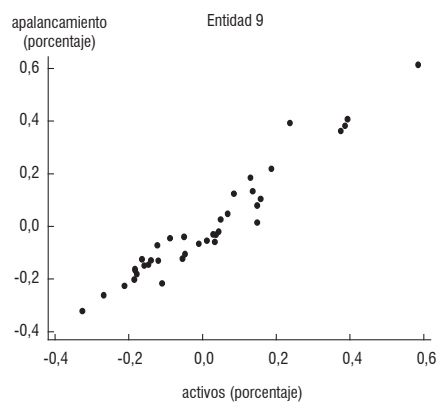
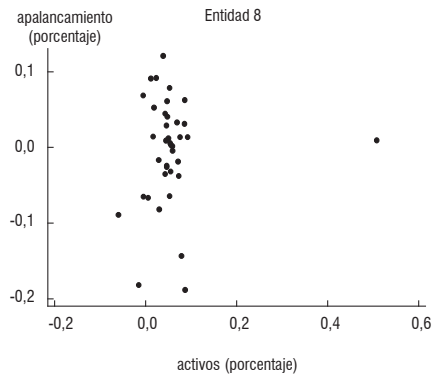
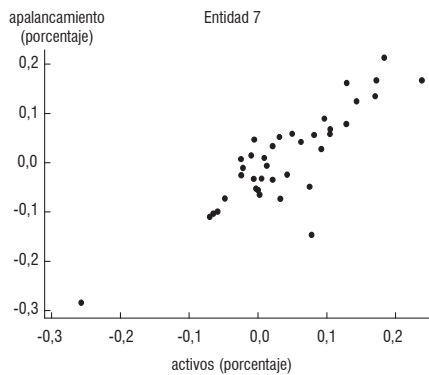
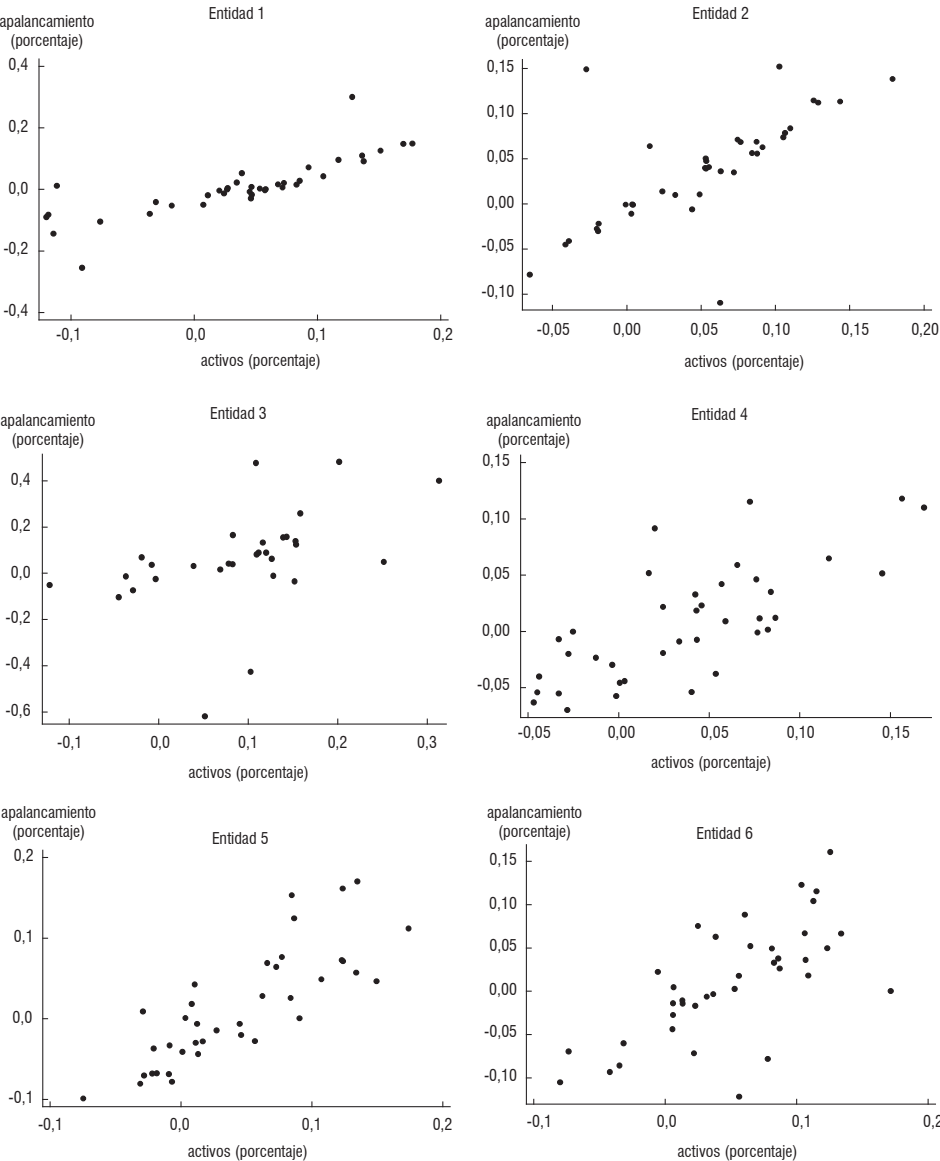


Gráfico A1

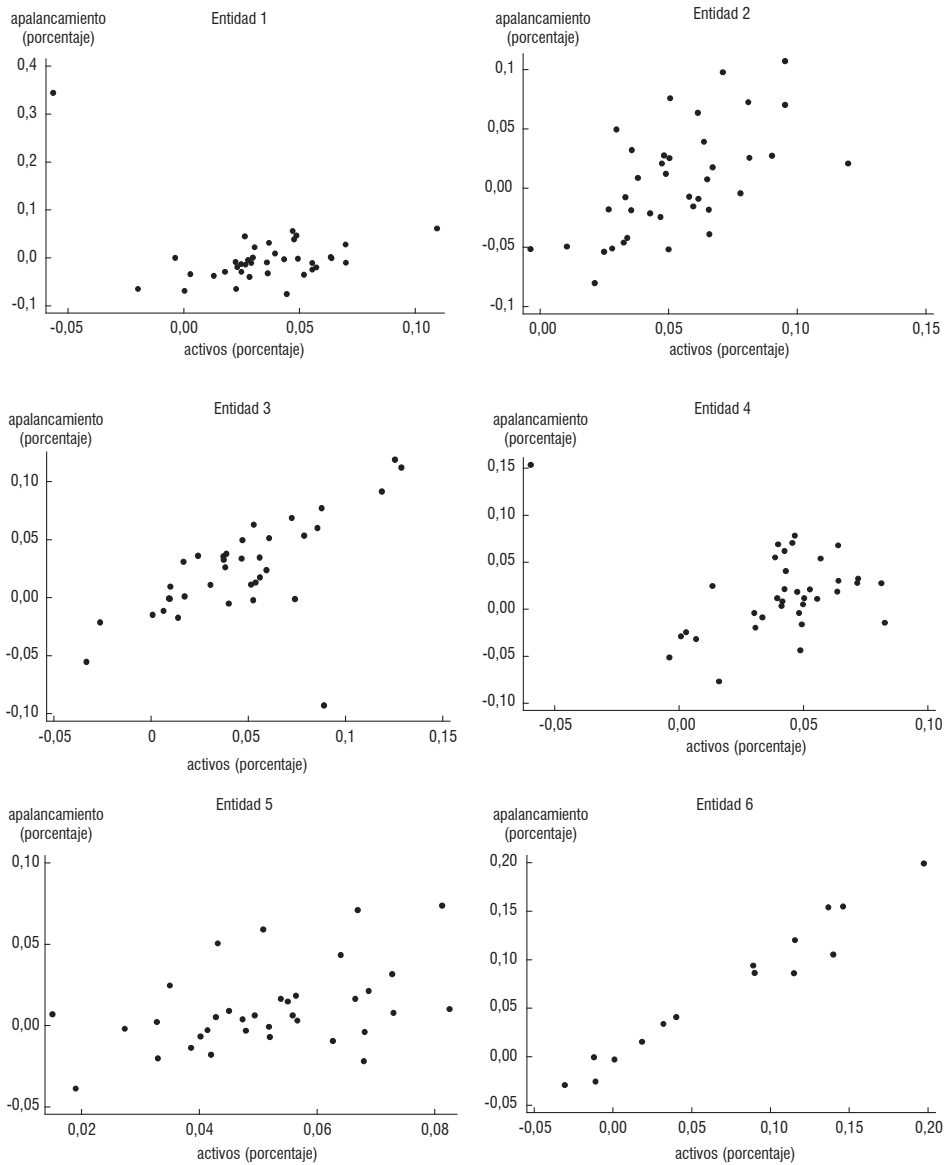
A1.1 Bancos (continuación)



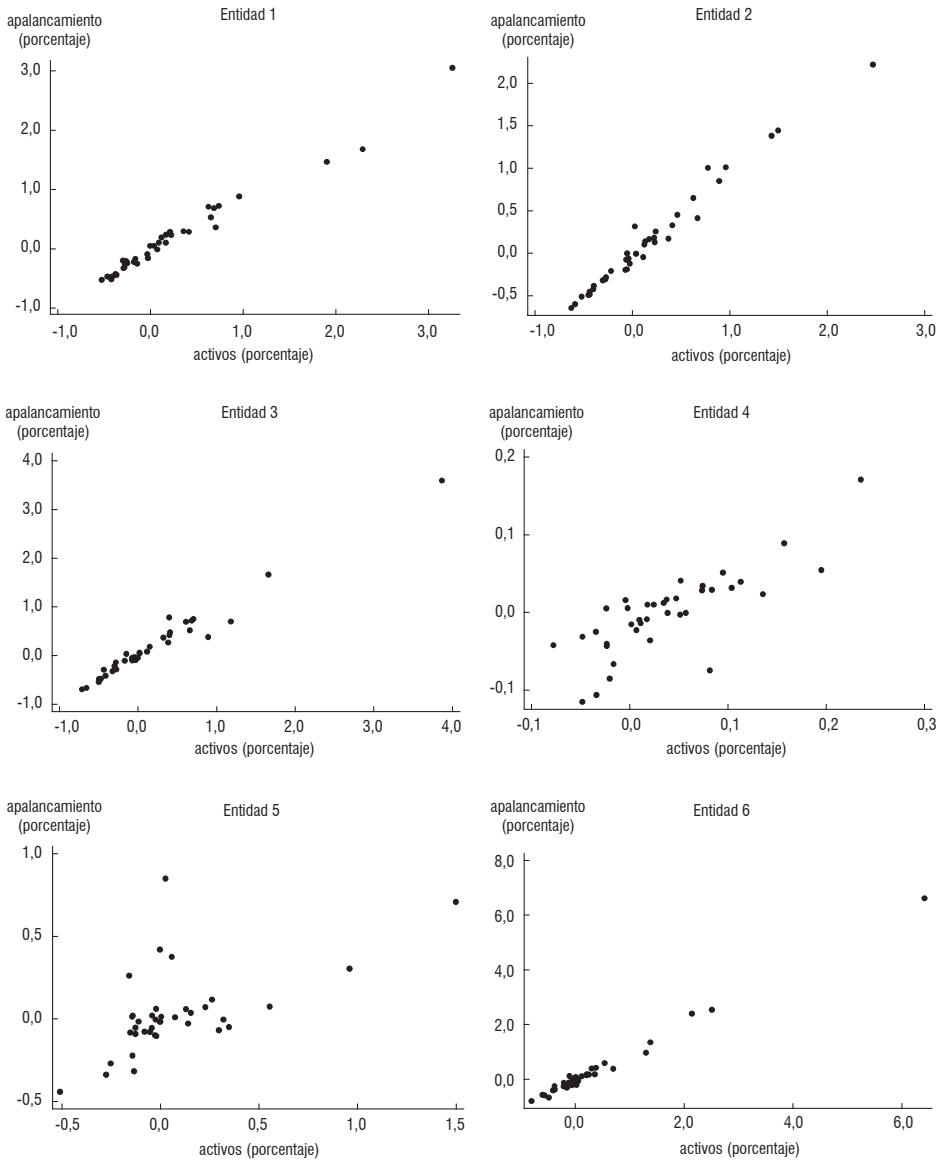
A1.2 Compañías de financiamiento comercial



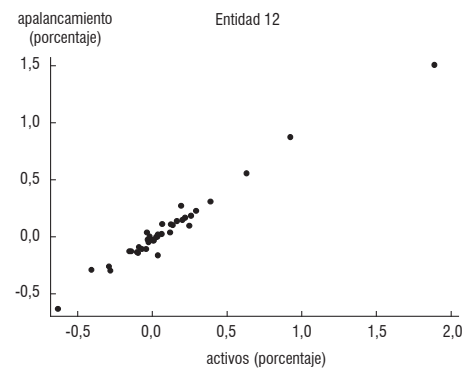
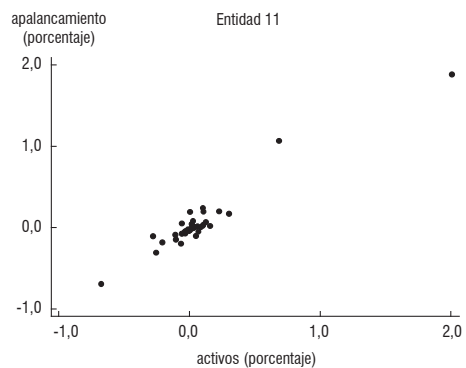
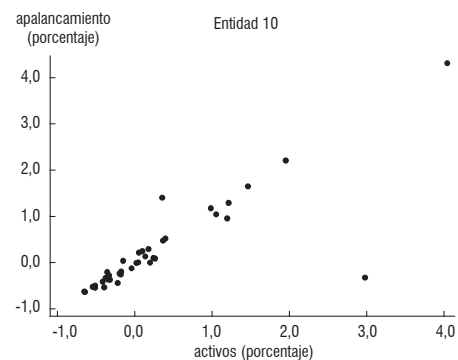
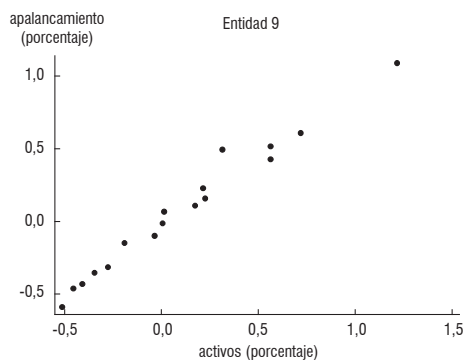
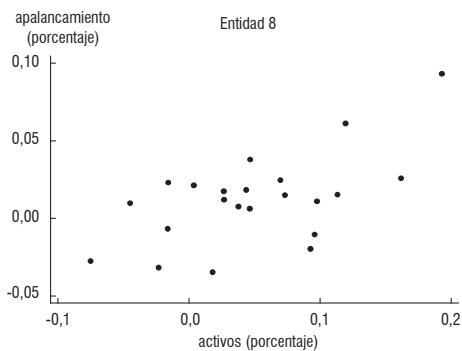
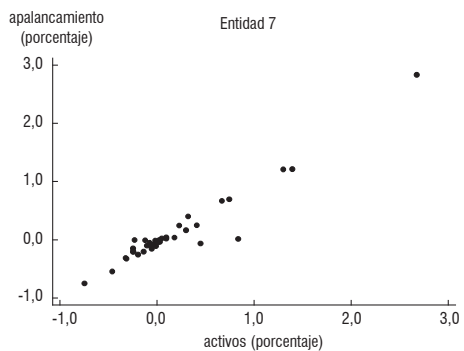
A1.3 Cooperativas financieras



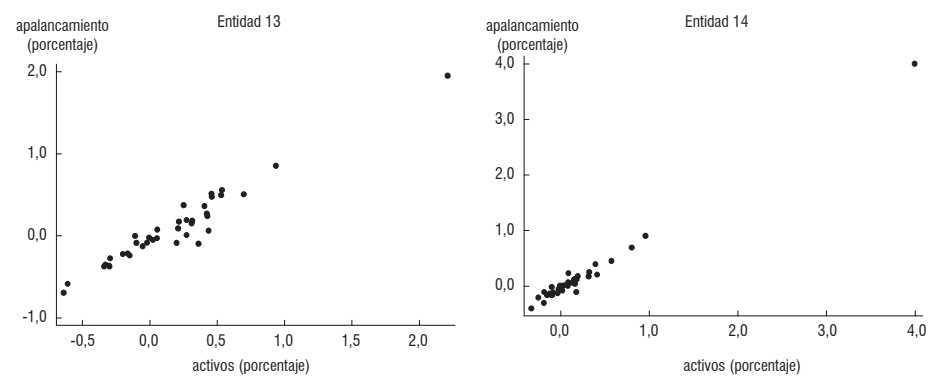
A1.4 Sociedades comisionistas de bolsa



A1.4 Sociedades comisionistas de bolsa (continuación)



A1.4 Sociedades comisionistas de bolsa (final)



Fuente: cálculos de los autores.

2. INCERTIDUMBRE EN EL MECANISMO DE OFERTA MONETARIA Y MERCADOS INTERBANCARIOS EN COLOMBIA

Camilo González
Luisa Silva
Carmina Vargas
Andrés M. Velasco*

El funcionamiento correcto de los mercados interbancarios es importante, entre otras razones, porque los bancos pueden distribuir sus propios excedentes de liquidez entre los participantes en el mercado y porque las tasas de interés fijadas en estos mercados se convierten en puntos de referencia para otros sectores de la economía.

En cuanto al manejo de liquidez, los bancos pueden suavizar sus choques tomando u otorgando préstamos en el mercado interbancario, en lugar de cancelar proyectos rentables de más largo plazo. Por tanto, con la existencia de estos mercados, es posible evitar el mantenimiento ineficiente de reservas como precaución frente a choques de liquidez inesperados. Adicionalmente, los mercados interbancarios desempeñan un papel clave en el mecanismo de transmisión de la política monetaria por medio del canal de crédito en un régimen de inflación objetivo.

Dos son las motivaciones principales para elaborar este artículo. La primera es entender cómo funcionan los mercados interbancarios y la segunda analizar cómo la conducción de la política monetaria por parte del banco central puede afectar los resultados en estos mercados (tasas de interés y préstamos). A pesar de centrar la atención en el caso colombiano, las herramientas analíticas desarrolladas aquí se pueden utilizar para estudiar un rango amplio de mercados interbancarios de diferentes economías en la medida en que estas tengan algunos rasgos comunes.

* Al momento de escribir este artículo, los autores eran, respectivamente, profesional especializado y jefe de la Sección de Sector Financiero, e investigador y profesional experto de la Unidad de Investigaciones del Banco de la República de Colombia. Sus opiniones, errores u omisiones no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Agradecen los comentarios e inquietudes de los asistentes al Seminario de la Agenda de Investigación, al Taller del Departamento de Modelos Macroeconómicos, al seminario semanal de Fedesarrollo, y al seminario de la X Edición Especial de *ESPE*. También, a Joaquín Bernal, Jesús A. Bejarano, Joaquín Coleff, Alexander Guarín, Carlos León, Julián A. Parra, Norberto Rodríguez y Héctor Zárate por sus muy útiles comentarios, y a Nicolás Camargo y Karen Quintana como asistentes de investigación de este artículo.

Este artículo está compuesto por tres secciones, aparte de esta introducción. En la primera sección se propone un modelo para el mercado interbancario en Colombia. En la segunda sección se analizan los datos para el caso colombiano, y se validan los hallazgos teóricos. Finalmente, la última sección concluye con algunas observaciones finales.

1. ¿CÓMO FUNCIONAN LOS MERCADOS INTERBANCARIOS?

Primero, es importante entender el marco de política monetaria en el cual se desarrolla la actividad interbancaria. Como muchos otros países, a finales de los años noventa Colombia estableció un régimen de tasa de cambio flexible y comenzó el proceso de convergencia hacia un esquema de inflación objetivo. Durante este proceso, los agregados monetarios fueron reemplazados por la tasa de interés como instrumento del banco central.

El punto de partida es el anuncio de una meta de inflación para un período futuro, por lo general uno o dos años adelante, con el objetivo de anclar las expectativas de inflación de los agentes privados de la economía. En este sentido, en teoría, cuando hay choques en la economía, el banco central cambia la tasa de interés de política para mantener la inflación afín con su meta y al tiempo mantener la actividad económica en niveles cercanos a su tendencia de largo plazo.

Cuando el banco central cambia la tasa de interés de política, se espera que de inmediato se afecte la tasa de interés interbancaria y que, luego, se presenten cambios en las tasas de interés de corto y largo plazo en otros mercados. Por tanto, el alineamiento entre la tasa de interés de política y la interbancaria es una condición necesaria para el éxito de la política monetaria, pues asegura el correcto funcionamiento de los canales de transmisión y, en últimas, el logro de la meta de inflación así como de una brecha de producto cercana a cero.

En Colombia la operatividad de la política monetaria se ejecuta mediante subastas y ventanillas. En lugar de controlar de manera directa la tasa de interés, el banco central ofrece diariamente recursos por medio de subastas con montos anunciados el día anterior; así mismo, mantiene abiertas ventanillas para préstamos o depósitos (ventanilla de expansión y contracción, respectivamente) con el fin de permitir que las instituciones financieras se endeuden o realicen depósitos a un día, según su liquidez. El objetivo de la autoridad monetaria es ofrecer recursos suficientes para mantener la tasa de interés de la subasta en línea con la tasa de política todos los días. Por su parte, los bancos comerciales y otros participantes del mercado tienen como objetivo maximizar sus ganancias sujetos a la tenencia de sus activos líquidos, a las obligaciones con otros bancos y a su requerimiento de reserva establecido por el banco central para reducir el riesgo de pérdida de depósitos.

La actividad diaria en el mercado monetario colombiano no es tan simple. La complejidad surge por la variedad de operaciones y contrapartes. Como lo explican Cardozo *et al.* (2011), existen operaciones colateralizadas y no colateralizadas que se llevan a cabo en sistemas de negociación electrónicos o en mercados sobre el mostrador (*over the counter*: OTC). Además, un rango amplio de instituciones están autorizadas para negociar en estos mercados (bancos, otros establecimientos de crédito, comisionistas, entre otros) y, además, el banco central mantiene abiertas las operaciones de mercado (OMA) a horas fijas y conocidas durante el día.

Las negociaciones comienzan a las 7:00 a. m., cuando se abre el sistema de pagos de gran valor de Colombia (CUD) y el de los Servicios Electrónicos del Banco de la República (SEBRA). A las 8:00 a. m. comienzan las negociaciones entre instituciones en sistemas de negociación electrónicos como el SEN y el MEC¹. Las operaciones en el SEN se realizan hasta la 1:00 p. m., mientras que las del MEC van hasta las 5:00 p. m. Aunque las entidades pueden negociar hasta las 5:00 p. m., la mayor actividad en el mercado interbancario se presenta antes de la 1:00 p. m.

El Banco de la República mantiene dos principales OMA: subastas mediante operaciones repo (repo: de 1:00 a 1:15 p.m.)², y ventanillas de expansión y contracción (de 4:00 a 4:30 p. m.). Las cantidades subastadas están limitadas por el banco central y las entidades que participan en ellas compiten bajo el sistema de subasta holandesa. En las ventanillas el banco central presta o recibe depósitos sin definir una magnitud máxima, aunque a tasas de interés diferentes de la de política.

En la sección 2, se presenta un modelo que trata de capturar los hechos estilizados mostrados en los Gráficos 1 y 2. Estos presentan los datos promedio para cada uno de los catorce días del período de requerimiento de reserva en Colombia.

En el Gráfico 1, la variable *spread* representa la diferencia entre la tasa de interés interbancaria (usando tanto operaciones colateralizadas como no colateralizadas) y la tasa de interés de política (eje izquierdo)³. Las reservas diarias muestran las tenencias promedio de liquidez de las instituciones, las cuales contribuyen a su requerimiento de reserva (eje derecho).

Se analizó el período enero de 2012 a abril de 2013. Como se observa, pareciera existir una clara estrategia por parte de las entidades para reducir rápidamente la “deficiencia” y cumplir con el requerimiento de encaje desde el inicio del período de reserva. El *spread* entre la tasa de interés interbancaria y la tasa de política es también decreciente durante este período. En los primeros días, el *spread* es de aproximadamente 20 puntos básicos (pb) y luego se reduce a un nivel cercano a cero en el último día. Consistente con su deseo de contribuir rápidamente a su requerimiento de reserva, las entidades están dispuestas a pagar tasas de interés más altas en el mercado interbancario al comienzo del período de reserva.

El Gráfico 2 presenta la demanda agregada en la subasta diaria (Repos, eje izquierdo) y la oferta promedio de recursos en el mercado interbancario (Préstamos, eje derecho). Consistente con la estrategia de encaje presentada en el Gráfico 1, las entidades demandan más recursos en las subastas que se realizan durante los primeros días del período de reserva, y ofrecen relativamente poca liquidez en el mercado interbancario⁴. Esta situación cambia hacia el final del período bisemanal.

1 SEN: es el Sistema Electrónico de Negociación, administrado por el Banco de la República; el MEC: es el Mercado Electrónico, administrado por la Bolsa de Valores de Colombia.

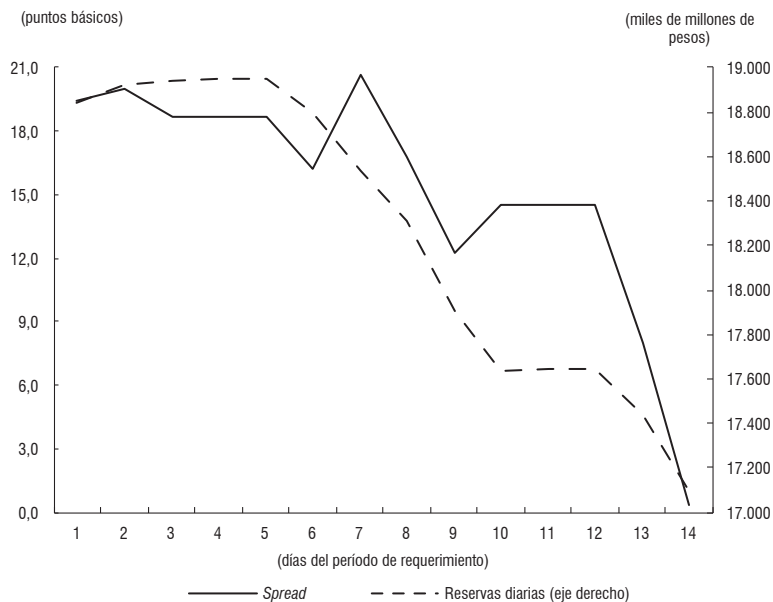
2 La regulación le permite al Banco de la República mantener subastas de contracción y expansión de fondos mediante los repo.

3 Se eliminaron las operaciones de simultáneas con tasas de interés inferiores a la tasa de la ventanilla de contracción del Banco de la República en cada momento, pues estas operaciones se realizan con objetivos diferentes a liquidez.

4 El mercado interbancario total es igual a cero en el agregado. Aquí se presenta únicamente un lado de la transacción de este mercado (el de oferta o el de demanda).

Gráfico 1

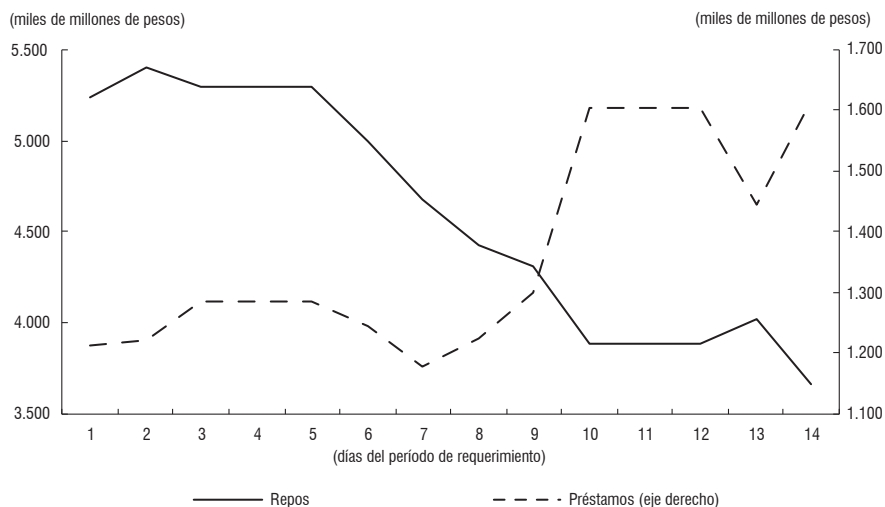
Spread entre la tasa de interés interbancaria y la tasa de política, y reservas diarias



Fuentes: Superintendencia Financiera de Colombia, Banco de la República y Bolsa de Valores de Colombia; cálculos propios.

Gráfico 2

Operaciones repo del Banco de la República y transacciones en el mercado interbancario total



Fuentes: Superintendencia Financiera de Colombia, Banco de la República y Bolsa de Valores de Colombia; cálculos propios.

Vale la pena notar que la demanda por fondos en el día trigésimo del período bise-manal de encaje no sigue el patrón descrito. Esto puede obedecer a decisiones precaute-lativas de las entidades: en la medida en que existe la posibilidad de enfrentar choques de demanda negativos durante el último día del período (cuando su restricción opera), las instituciones reducen sus cantidades de préstamos y demandan más recursos, tanto en la subasta como en el mercado interbancario.

La sección 2 presenta el análisis empírico del modelo de la sección 1. El modelo pro-puesto explica casi el 80% de la varianza de la contribución al requerimiento de encaje, cerca del 95% de la varianza de la tasa de interés interbancaria y casi el 28% de la varianza de la actividad diaria en el mercado interbancario. Este resultado es bastante satisfactorio, puesto que se trata de un modelo muy estilizado para el mercado interbancario.

1.1 ¿Cómo afecta el mecanismo de política monetaria a los mercados interbancarios?

En teoría, en un régimen de inflación objetivo el instrumento de política es la tasa de inte-rés y, en particular, la tasa de política que la autoridad monetaria fija en el nivel deseado para compensar choques a la economía y llevarla a su estado estacionario. Una alterna-tiva a este mecanismo involucra dos tasas separadas por un margen para ofrecer y recibir la liquidez hacia y desde los mercados.

En Colombia, como en muchas otras economías (como se muestra a continuación), el mecanismo de política actúa mediante las subastas de repos y de las ventanillas de expansión y contracción del banco central con las cuales este ofrece recursos en préstamo o recibe depósitos de las entidades, respectivamente. Cardozo *et al.* (2011) identifican dos ventajas de este sistema, en comparación con otro que tenga una o dos tasas de interés explícitas por medio de las cuales se maneja toda la liquidez:

- 1 Estimula la profundización del mercado interbancario, lo cual es útil para extraer señales y para evaluar la solvencia y riesgos tomados por sus participantes.
- 2 Reduce la posibilidad de un nivel de apalancamiento excesivo por parte del sis-tema financiero, el cual podría ser usado para especular en el mercado de divisas o en el mercado de valores.

Este artículo se centra en brindar una herramienta analítica para evaluar la primera razón. No se analiza la segunda. Con el objetivo de entender cómo funciona el mercado interbancario en Colombia, se construye un marco que permite estudiar el mecanismo con el que el banco central suministra liquidez y su relación con el mercado interbancario.

El mecanismo colombiano para implementar la política monetaria comparte la mayoría de las características con otros países que operan con el esquema de inflación objetivo, implícita o explícitamente. De hecho, una evaluación de dieciséis bancos cen-trales (Australia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Estados Unidos, Europa, Japón, México, Noruega, Nueva Zelanda, Perú, Inglaterra, Sudáfrica, Suecia y Turquía) mues-tra lo siguiente:

- Todos tienen alguna tasa de interés a un día como el instrumento operativo (ya sea la tasa de interés para préstamos no colateralizados o la de los colateralizados).
- A excepción de un banco, todos utilizan subastas de repos, aunque difieren en frecuencia y plazo.
- Todos tienen la posibilidad de otorgar préstamos y recibir depósitos por fuera de las subastas.
- El requerimiento de reserva es menos común. Solo lo tienen nueve de los dieciséis bancos estudiados; razones como ineficiencia y tratamiento heterogéneo entre competidores justifican la no utilización de este requerimiento.
- Adicionalmente, es más frecuente que los bancos centrales regulen la liquidez mediante la compra o venta de títulos, o de reservas internacionales. En el primer caso, lo hacen con títulos que pueden ser emitidos por los gobiernos o, en otras ocasiones, por los propios bancos centrales.

Puesto que este mecanismo de oferta monetaria es ampliamente utilizado en países con inflación objetivo, es importante preguntarse cómo la estructura de política afecta al mercado interbancario. Los resultados analíticos de la sección 2 permiten concluir que la actividad en el mercado interbancario no se ve afectada por la incertidumbre en la subasta diaria. Sin embargo, esta incertidumbre sí distorsiona la tasa de interés interbancaria. Los resultados muestran que cuando la autoridad monetaria se compromete a suministrar con certeza toda la liquidez demandada por todas las entidades a la tasa de interés de política, la tasa de interés interbancaria es igual a esta última.

2. MODELO

Se describe un modelo para el mercado interbancario diario en Colombia, cuya estructura sigue algunas de las características del propuesto por Pérez y Rodríguez (2006).

Esta no es la primera vez que se construye un modelo siguiendo el marco propuesto por Pérez y Rodríguez (2006): Cardozo *et al.* (2011) establecen un marco con la estructura temporal colombiana, pero no incluyen fuentes de incertidumbre, de las cuales aquí se presentan dos. Pérez y Rodríguez (2010) permiten la existencia de ventanillas en las cuales los bancos comerciales manejan sus excedentes con el banco central. Esta posibilidad está diseñada para ser ocasional y las entidades tienen incertidumbre sobre ella. Kempa (2006) modela choques comunes e idiosincrásicos, y Kempa (2007) incluye innovaciones esperadas en la demanda por recursos que enfrentan los bancos, junto con perturbaciones en la demanda. Jurgilas (2006) introduce bancos heterogéneos y la posibilidad de financiación extranjera para ellos. Moschitz (2004) modela el lado de la oferta en detalle desde la perspectiva de la hoja de balance del banco central, estableciendo una función objetivo explícita para ello.

El presente artículo modifica la estructura del modelo de Pérez y Rodríguez (2006) en cuatro aspectos: en primer lugar, se estableció un esquema de subastas diarias en lugar de una sola durante todo el período de requerimiento de encaje; segundo, se modificó el calendario del modelo para tener la subasta después de la negociación interbancaria diaria

y no antes; en tercer lugar, los bancos deciden de manera óptima el monto de reservas que ellos acumulan cada día para contribuir a su requerimiento de reserva, lo cual es un residuo en Pérez y Rodríguez (2006). En este artículo se presenta una de cuatro posibles cronologías de decisión: aquella en la cual el monto de contribución de reservas se toma de manera simultánea con la decisión de demanda en la subasta⁵. En cuarto lugar, junto con el choque de demanda en Pérez y Rodríguez (2006), las entidades en el modelo enfrentan una segunda fuente de incertidumbre: existe la probabilidad de no obtener recursos en la subasta, lo cual es un camino corto para modelar el mecanismo de subasta. Finalmente, el lector debe tener en cuenta que este marco no contempla fricciones que pudieran alterar el supuesto de competencia perfecta, ni otras fuentes de heterogeneidad entre las instituciones (tamaño por ejemplo), ni la percepción de riesgo entre los participantes del mercado (u otros problemas de información).

En este ejercicio se modela un único período de reserva, donde la actividad interbancaria diaria se caracteriza por la siguiente cronología: las entidades comienzan el día pagando o recibiendo los recursos derivados de las operaciones interbancarias o de la subasta del día anterior. En este momento establecen sus activos líquidos y su posición de encaje requerido. Ellas negocian en el mercado interbancario para maximizar sus beneficios con la incertidumbre acerca de los choques futuros de oferta (en la subasta) y de demanda (al final del día). Una vez que las negociaciones interbancarias han terminado, las entidades deciden óptimamente cuántos recursos demandar en la subasta diaria. Se modela la incertidumbre de la subasta suponiendo que solamente una fracción de las entidades obtienen toda la liquidez que demandan, mientras que el resto no adquiere ningún recurso. También se supone que en este momento del día, de forma simultánea con la subasta, las entidades del modelo deciden cuántas reservas mantendrán al final del día para contribuir a su requerimiento. Después de la subasta, las entidades conocen el tamaño de su choque idiosincrásico de demanda, el cual por lo común proviene de sus clientes. Así, los bancos llevan cualquier exceso de liquidez a la ventanilla de contracción o consiguen recursos adicionales de la ventanilla de expansión del banco central. El Cuadro 1 presenta el resumen de la cronología diaria descrita.

2.1 Estructura del modelo

Se considera un continuo de bancos comerciales heterogéneos de tamaño 1, indexados por j , los cuales transan en el mercado interbancario de una manera competitiva. Existe un banco central que suministra liquidez mediante subastas y ventanillas todos los días hábiles, el cual ha establecido un período de requerimiento de T días calendario. El modelo se soluciona para un solo período de requerimiento y se supone que los períodos de T días son independientes entre sí para evitar un horizonte infinito y la necesidad de tasas de

⁵ Se sabe que el momento de la toma de decisión acerca de la acumulación de reservas puede afectar los resultados. Aunque en el modelo se supone que los establecimientos de crédito tienen una estrategia explícita para cumplir con su requerimiento de reservas, no se sabe exactamente cuándo se toma esa decisión durante el día. En este artículo se supone que ésta se toma junto con la subasta de recursos del banco central. Otras cronologías se dejan para futuras investigaciones.

Cuadro 1

Actividad diaria en el modelo

Inicio del día	Entidades pagan o reciben los recursos de endeudamiento o de préstamos del día anterior. Conocen sus activos líquidos y su posición de reserva. Comienza la actividad interbancaria y las entidades deciden óptimamente los recursos para prestar o pedir prestados. Finaliza la actividad interbancaria. Las entidades deciden, bajo incertidumbre, la demanda óptima en la subasta de manera simultánea con la contribución a su requerimiento de reserva. El banco central entrega toda la liquidez demandada a una fracción de entidades a la tasa de interés de política.
	Las entidades enfrentan choques idiosincrásticos de demanda.
Final del día	Las entidades llevan su liquidez sobrante a la ventanilla de depósito del banco central o piden prestados recursos en su ventanilla de expansión para cumplir con sus obligaciones.

Fuente: Pérez y Rodríguez (2006).

descuento. El banco central le fija a cada entidad su requerimiento de encaje de manera exógena al modelo. Cada entidad j mantiene reservas al final del día para completar la cantidad Q_j promedio diaria requerida durante los T días. El requerimiento total para la entidad j es entonces $T Q_j$.

Se sigue la definición de deficiencia de Pérez y Rodríguez (2006), $r_{j,t}$, como la cantidad de reservas que le hacen falta al banco j para completar su requerimiento total en el momento t . De acuerdo con esto, los bancos satisfacen su requerimiento de reserva cuando:

$$Q_j \leq \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (r_{j,t} - r_{j,t+1}), \quad (1)$$

donde para cada día durante el período de requerimiento, el banco j inicia con la deficiencia $r_{j,t}$ y decide sobre su deficiencia del día siguiente $r_{j,t+1}$. Así $r_{j,t} - r_{j,t+1}$ es la reserva que el banco j deja al final del día t para contribuir a su restricción de requerimiento⁶. Nótese que en el último día del período de requerimiento, $t = T$, la restricción de requerimiento tiene que satisfacerse, y por tanto los bancos fijan en cero sus deficiencias del día siguiente (es decir $r_{j,T+1} = 0$).

Las reservas diarias tienen tanto componentes estocásticos como determinísticos, los cuales serán definidos en breve.

Al comienzo de cada día de negociación $t \in [1, T]$, los bancos comerciales se encuentran en el mercado interbancario y ofrecen ($b_{j,t} > 0$) o demandan ($b_{j,t} < 0$) recursos netos para maximizar beneficios, sujetos a sus tenencias heterogéneas de activos, $a_{j,t}$, al comienzo del día t . Los bancos equilibran el mercado interbancario a la tasa de interés i_t .

Una vez que la actividad interbancaria ha terminado por el día, el banco central realiza su subasta diaria para suministrar liquidez al sistema financiero. Los bancos deciden

6 La reducción de la deficiencia no debe ser creciente para reflejar la regulación colombiana (es decir, $r_{j,t} - r_{j,t+1} \geq 0$). En este artículo no se incorpora esta restricción para mantener el álgebra simple.

sobre su demanda de recursos ($d_{j,t}$) mediante la maximización de sus beneficios esperados dada una tasa de interés de subasta $E_t(i_{omo,t})$ ⁷. Se introduce incertidumbre en la oferta suponiendo que cada banco consigue los recursos que previamente ha decidido demandar con probabilidad $p \in [0,1]$, pero con probabilidad $1 - p$ no obtiene recursos. Por tanto, para cada día t , una fracción p de todas las instituciones reciben la liquidez que demandaron.

En el presente modelo el banco central inicia la transmisión su postura monetaria mediante el suministro de toda la liquidez demandada en la subasta diaria a la tasa de interés de política i_p . Como la información es común entre todos los agentes, se puede esperar que los bancos comerciales generen expectativas sobre la tasa de interés de la subasta de forma que

$$E_s(i_{omo,t}) = i_p, \quad (\text{Supuesto 1})$$

para todo $s, t \in [1, T]$.

Las reservas diarias disponibles del banco j ($m_{j,t}$) después de la subasta en el día t están definidas como:

$$m_{j,t} = a_{j,t} - b_{j,t} + d_{j,t} I(p), \quad (2)$$

donde la función indicadora $I(p)$ toma el valor de 1 cuando el banco j ha obtenido la liquidez demandada en la subasta, con probabilidad p , en el período t ; y cero en otro caso, con probabilidad $1 - p$.

Como se observa, la ecuación (2) no hace referencia explícita a los pagos de la subasta del día anterior o de la actividad interbancaria de demanda/oferta previa. Esto es así porque $m_{j,t}$ se define como un flujo neto: los repagos en el mercado interbancario y para el banco central han tenido lugar al comienzo del día.

El modelo aquí descrito difiere del desarrollado en Pérez y Rodríguez (2006) por tener un choque de oferta, y también por permitirle a los bancos decidir óptimamente cuánto de las reservas diarias disponibles ellos utilizan para reducir su deficiencia del día siguiente, $r_{j,t+1}$. Se supone arbitrariamente que esta decisión se toma de manera simultánea con la decisión acerca de $d_{j,t}$ en la subasta diaria.

Después de la subasta diaria, los bancos se dan cuenta de que han enfrentado un choque de demanda por recursos $\varepsilon_{j,t} \text{ iid } \sim F(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon^2)$, el cual, por lo general, proviene de sus clientes. Este choque es de la misma naturaleza que el descrito por Pérez y Rodríguez (2006), y se supone que se distribuye de forma idéntica e independiente a lo largo del tiempo y entre los bancos.

La ecuación (3) resume las fuentes de reservas diarias (lado derecho) y sus usos (lado izquierdo):

$$r_{j,t} - r_{j,t+1} + e_{j,t} = m_{j,t} + \varepsilon_{j,t}, \quad (3)$$

7 A lo largo de este artículo la subasta se refiere como si correspondiera a un mecanismo de expansión monetaria. No obstante, la regulación en Colombia también permite subastas de contracción y en el modelo es posible obtener $d_{j,t} < 0$.

donde $e_{j,t}$ se define como las reservas residuales después de los choques de oferta y demanda, lo cual no contribuye a reducir la deficiencia. Si $e_{j,t} > 0$, el banco lleva estos recursos a la ventanilla de contracción del banco central, y son remunerados a la tasa i^d . Si $e_{j,t} < 0$, el banco demanda estos recursos de la ventanilla de expansión del banco central a la tasa i^l , puesto que a los bancos no se les permite estar sobregirados durante la noche y ellos deben cumplir con su restricción de requerimiento en el momento $t = T$.

Las tenencias de activos de cada banco al comienzo del siguiente día están dadas por⁸

$$a_{j,t+1} = a_{j,t} + \varepsilon_{j,t}. \quad (4)$$

La solución para el modelo es el conjunto de tasas de interés interbancarias de equilibrio $\{i_t^*\}$ para cada día del período de requerimiento $t \in [1, T]$. Las tasas de interés de equilibrio están determinadas por la condición de equilibrio del mercado:

$$\int_0^1 b_{j,t} \partial j^{i_t^*} = 0. \quad (5)$$

Se sigue a Pérez y Rodríguez (2006) en la solución del modelo con inducción hacia atrás. Se empieza describiendo las decisiones en la subasta del último día del período de requerimiento de reserva y se continúa hacia atrás hasta que se toman las decisiones del comienzo del día T . Luego se continúa describiendo las decisiones en $T - 1$, primero en la subasta, seguido por la actividad interbancaria y se termina mostrando la recursividad en los días previos del período de requerimiento de encaje.

2.2 Funciones de pago y solución en el último día del período de reserva

2.2.1 Problema del banco en la subasta del último día

En el momento $t = T$, el banco comercial j enfrenta la subasta de recursos del banco central habiendo negociado por última vez en el mercado interbancario durante el período de requerimiento de reserva actual. Este decide su demanda por liquidez, $d_{j,T}$ para maximizar el valor esperado de sus ganancias, con la incertidumbre de si va a obtener los fondos demandados, con probabilidad p , y de su choque de demanda, $\varepsilon_{j,T}$ el cual se realiza antes del final del día, después de que la subasta se ha llevado a cabo.

El banco sabe que después de la subasta se encontrará en una de tres situaciones: podría necesitar recursos para reducir su deficiencia a cero, ya que la restricción de requerimiento de reserva se debe satisfacer en el momento $t = T$, en cuyo caso tiene que pedir prestada la cantidad necesaria en la ventanilla del banco central a la tasa de interés i^l . Las

8 Es útil verlo de la siguiente manera: el banco j empezó el día t con $a_{j,t}$. Este entregó recursos al mercado interbancario ($b_{j,t}$), recibió $d_{j,t}$ en la subasta con probabilidad p , y tuvo un choque de demanda $\varepsilon_{j,t}$. El día siguiente, el banco recupera lo que prestó y paga los recursos demandados en la subasta. Por tanto, este inicia el siguiente día con activos: $a_{j,t+1} = m_{j,t} + \varepsilon_{j,t} + b_{j,t} - d_{j,t} = a_{j,t} + \varepsilon_{j,t}$.

otras dos situaciones dejan al banco en balance perfecto, o con excesos de liquidez que se depositan en el banco central y se remuneran a la tasa a un día i^d .

Hasta este momento el banco conoce sus activos ($a_{j,T}$), la deficiencia pendiente ($r_{j,T}$), las tasas de política y de ventanillas del banco central (i_p , i^d y i^l), y la distribución de los choques de oferta y demanda ($B(p)$ y $F(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon^2)$). El banco sabe que la restricción de encaje se debe satisfacer ($r_{j,T+1} = 0$), y por tanto, maximiza sus beneficios esperados en la subasta, condicionado a su participación en el mercado interbancario más temprano en el día ($b_{j,T}$). El banco resuelve:

$$\max_{\{d_{j,T}\}} E_T \left[\pi_{j,T}^{omo}(d_{j,T}) | r_{j,T+1} = 0, b_{j,T} \right], \quad (6)$$

donde

$$\left[\pi_{j,T}^{omo}(d_{j,T}) | r_{j,T+1} = 0, b_{j,T} \right] = \left[\begin{array}{c} -i_p d_{j,T} I(p) \\ + i^d \left[\begin{array}{c} a_{j,T} - b_{j,T} + d_{j,T} I(p) \\ + \varepsilon_{j,T} - r_{j,T} \end{array} \right] I(a_{j,T} - b_{j,T} + d_{j,T} I(p) + \varepsilon_{j,T} > r_{j,T}) \\ + i^l \left[\begin{array}{c} a_{j,T} - b_{j,T} + d_{j,T} I(p) \\ + \varepsilon_{j,T} - r_{j,T} \end{array} \right] I(a_{j,T} - b_{j,T} + d_{j,T} I(p) + \varepsilon_{j,T} < r_{j,T}) \end{array} \right], \quad (7)$$

donde, de nuevo, la función indicadora $I(\cdot)$ toma el valor de 1 cuando la condición dentro del paréntesis se satisface, y cero en caso contrario.

En la primera línea de (7) el banco paga la tasa de política por su demanda, $d_{j,T}$, cuando la realización del choque de oferta le favorece. Además, sujeto a la realización del choque de demanda, $\varepsilon_{j,T}$, el banco hace una de dos cosas: deposita dinero en la ventanilla de contracción cuando los recursos disponibles son mayores a la reducción a cero de la deficiencia pendiente, o pide fondos en la ventanilla de expansión del banco central cuando los recursos disponibles son menores a la deficiencia pendiente. Nótese que con probabilidad $1 - p$ el banco no recibe nada en la subasta. Entonces, los beneficios esperados previos a la subasta del último día están dados por:

$$E_T \left[\pi_{j,T}^{omo}(d_{j,T}) | r_{j,T+1} = 0, b_{j,T} \right] = p \left[\begin{array}{c} -i_p d_{j,T} \\ + i^d (\tilde{m}_{j,T} - r_{j,T}) [1 - F(r_{j,T} - \tilde{m}_{j,T})] \\ + i^l (\tilde{m}_{j,T} - r_{j,T}) F(r_{j,T} - \tilde{m}_{j,T}) \end{array} \right]$$

$$\begin{aligned}
 & + (1-p) \left\langle i^d (a_{j,T} - b_{j,T} - r_{j,T}) \left\{ 1 - F[r_{j,T} - (a_{j,T} - b_{j,T})] \right\} \right. \\
 & \quad \left. + i^l (a_{j,T} - b_{j,T} - r_{j,T}) F[r_{j,T} - (a_{j,T} - b_{j,T})] \right\rangle \\
 & + p \left[i^d E_T(\varepsilon_{j,T} | \varepsilon_{j,T} > r_{j,T} - \tilde{m}_{j,T}) \right. \\
 & \quad \left. + i^l E_T(\varepsilon_{j,T} | \varepsilon_{j,T} < r_{j,T} - \tilde{m}_{j,T}) \right] \\
 & + (1-p) \left\{ i^d E_T[\varepsilon_{j,T} | \varepsilon_{j,T} > r_{j,T} - (a_{j,T} - b_{j,T})] \right. \\
 & \quad \left. + i^l E_T[\varepsilon_{j,T} | \varepsilon_{j,T} < r_{j,T} - (a_{j,T} - b_{j,T})] \right\},
 \end{aligned} \tag{8}$$

donde $\tilde{m}_{j,t} = a_{j,t} - b_{j,t} + d_{j,t}$ se define como el valor de las reservas antes del choque de demanda del banco j en caso de que este haya obtenido liquidez en la subasta en el momento $t \in [1, T]$.

De las condiciones de primer orden para el problema en (6) se obtiene:

$$\hat{d}_{j,T} = \begin{cases} r_{j,T} - (a_{j,T} - b_{j,T}) - F^{-1}\left(\frac{i_p - i^d}{i^l - i^d}\right) & \text{con } p \\ 0 & \text{con } 1-p \end{cases}, \tag{9}$$

donde $\hat{x}$ identifica a la función de reacción de la variable x . De esta manera, $\hat{d}_{j,T}$ se refiere a la función de reacción del banco j por la demanda de recursos en la subasta, condicionada por la distribución de los choques y el $b_{j,T}$ predeterminado.

En la derivación de (9) se siguió a Pérez y Rodríguez (2006) en el supuesto de que, para cualquier $K_{j,t}$ que condiciona el valor esperado del choque de demanda, se cumple que:

$$\frac{\partial}{\partial k_{j,t}} E_t(\varepsilon_{j,t} | \varepsilon_{j,t} > k_{j,t}) = 0. \tag{Supuesto 2}$$

Reemplazando (9) en (8), se observa que la oferta marginal de recursos en el mercado interbancario más temprano en el día afecta la función objetivo de antes de la subasta, así:

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial}{\partial b_{j,T}} E_T \left[\pi_{j,T}^{omo}(\hat{d}_{j,T}) | r_{j,T+1} = 0, b_{j,T} \right] = \\
 & -pi_p - (1-p) \left\{ i^d + (i^l - i^d) F[r_{j,T} - (a_{j,T} - b_{j,T})] \right\}.
 \end{aligned} \tag{10}$$

La oferta marginal de liquidez en el mercado interbancario reduce los beneficios de la subasta. Obtener esa liquidez marginal tiene como costo la tasa de política con probabilidad

p , o, dependiendo de la magnitud del choque de demanda, el costo estará entre la tasa de préstamo y la de depósito de las ventanillas del banco central con probabilidad $1 - p$. Un choque de demanda positivo reduce la probabilidad de tener que demandar recursos en la ventanilla de préstamos del banco central y reduce su costo. Un choque de demanda negativo aumenta la probabilidad de tener que ir a esta ventanilla e incrementa el costo.

2.2.2 Problema del banco j en el mercado interbancario del último día

Se sigue con la solución del problema del banco en el momento T mediante inducción hacia atrás. Ahora el interés está en el problema de maximización al comienzo del día. El banco j maximiza los beneficios del día escogiendo su oferta (o demanda) en el mercado interbancario, teniendo en cuenta la función de reacción (9). El banco resuelve la función valor de principio del día:

$$V_T(s_{j,T}; S_T) = \max_{\{b_{j,T}\}} \left\{ i_T b_{j,T} + E_T \left[\pi_{j,T}^{omo}(\hat{d}_{j,T}) | r_{j,T+1} = 0, b_{j,T} \right] \right\}, \quad (11)$$

donde el estado del banco j en el momento T se define por su posición de reserva, $s_{j,T} = (a_{j,T}, r_{j,T})$, y la variable de estado agregada en el momento T está dada por las tasas del mercado interbancario hasta $T - 1$, $S_T = (i_1, i_2, \dots, i_{T-1})$.

La función valor tiene dos argumentos: primero, el banco decide cuánto prestar o tomar prestado en el mercado interbancario, y recibe o paga la tasa de interés interbancaria i_T , respectivamente; y segundo, el valor esperado de las ganancias del banco antes de la subasta evaluada en su óptimo.

Usando (10), la condición de primer orden de (11) es:

$$i_T - pi_p - (1-p) \left\{ i^d + (i^l - i^d) F \left[r_{j,T} - (a_{j,T} - \hat{b}_{j,T}) \right] \right\} = 0. \quad (12)$$

De (12) se obtiene la función de reacción del banco j para la oferta (o demanda) de liquidez en el mercado interbancario en el último día del período de reserva T :

$$\hat{b}_{j,T} = a_{j,T} - r_{j,T} + F^{-1} \left\{ \frac{i_T - [pi_p + (1-p)i^d]}{(1-p)(i^l - i^d)} \right\}. \quad (13)$$

Esta función de reacción de la oferta (o demanda) de liquidez del banco j depende de la tasa de interés interbancaria de equilibrio, i_T , de las variables de estado, $a_{j,T}$ y $r_{j,T}$, de las tasas exógenas, i_p , i^d e i^l y de las distribuciones de los choques.

Se utiliza la condición de equilibrio del mercado interbancario en (5) para obtener la tasa de interés interbancaria de equilibrio del último día:

$$i_T^* = pi_p + (1-p) \left\{ i^d + (i^l - i^d) F(R_T - A_T) \right\}, \quad (14)$$

donde se define la variable agregada $X_t = \int_0^1 x_{j,t} dj$, para $x_{j,t} = (a_{j,t}, b_{j,t}, r_{j,t})$.

La tasa de interés interbancaria de equilibrio, i_t^* , es igual a la tasa de política, i_p , solo si la probabilidad de recibir los recursos demandados en la subasta es igual a 1, es decir $p = 1$. De lo contrario, con $p < 1$, el mecanismo de oferta monetaria causa una distorsión que separa la tasa de interés interbancaria de equilibrio de la tasa de política. El margen entre estas dos tasas depende del tamaño de los choques de demanda esperados, y está limitada por las tasas de las ventanillas del banco central.

Se reemplaza la ecuación (14) en (13) para obtener el equilibrio de la oferta (o demanda) de recursos en el mercado interbancario el último día del período de reserva, para el banco j :

$$b_{j,T}^* = (a_{j,T} - r_{j,T}) + (R_T - A_T). \quad (15)$$

La actividad óptima del banco j en el mercado interbancario el último día del período de reserva depende positivamente de sus activos netos de su deficiencia y de la demanda agregada de recursos (deficiencia agregada neta de activos totales).

Vale la pena mencionar que el equilibrio de la oferta de recursos en el mercado interbancario no depende de la incertidumbre de recibir recursos en la subasta. Por tanto, se concluye que, al menos dentro del esquema presentado para el último día del período de requerimiento, el mecanismo de oferta monetario con subasta y con ventanillas no favorece la profundización del mercado interbancario.

Reemplazando (15) en (9), se obtiene la demanda de equilibrio en la subasta:

$$d_{j,T}^* = \begin{cases} R_T - A_T - F^{-1}\left(\frac{i_p - i^d}{i^l - i^d}\right), & \text{con } p \\ 0, & \text{con } 1 - p \end{cases}, \quad (16)$$

y agregando para todas las instituciones que obtienen recursos en la subasta, se obtiene la oferta total de liquidez del banco central en el período T :

$$\frac{M_T^*}{p} = R_T - A_T - F^{-1}\left(\frac{i_p - i^d}{i^l - i^d}\right). \quad (17)$$

Las ecuaciones (14) a (17) resumen los resultados del modelo para el último día del período de requerimiento, los cuales serán validados en la sección 3 de este artículo. Para continuar con la inducción hacia atrás es útil calcular cómo cambia la función valor en T ante variaciones marginales en la deficiencia del último período, $r_{j,T}$. De esta manera, sustituyendo (16) en la función de valor en (11), se calcula:

$$\frac{\partial}{\partial r_{j,T}} V_T(s_{j,T}; S_T) = \frac{\partial}{\partial r_{j,T}} \left\{ i_T b_{j,T}^* + E_T \left[\pi_{j,T}^{omo}(d_{j,T}^*) | r_{j,T+1} = 0, b_{j,T}^* \right] \right\} = -i_T. \quad (18)$$

En T se debe obtener la liquidez marginal que no se utilizó en $T - 1$ para reducir la deficiencia con la que el banco comienza el último día del período de reserva. Esto se hace bien sea en el mercado interbancario al inicio del día T o más tarde, con incertidumbre, en la subasta del último día. La ecuación (18) muestra que el costo de oportunidad de no reducir marginalmente la deficiencia en $T - 1$ es la tasa de interés interbancaria, i_T .

2.3 Funciones de pago y solución en el momento $t = T - 1$

2.3.1 Problema del banco en la subasta del día $T - 1$

Se sigue solucionando el modelo con inducción hacia atrás para la subasta en el día anterior al último, $t = T - 1$. En este momento, el banco ha encontrado la solución de equilibrio para las variables endógenas en T , en términos de los estados, las variables exógenas y los parámetros. También conoce sus activos y su deficiencia ($a_{j,T-1}$, $r_{j,T-1}$), la tasa de política del banco central, las tasas de interés de las ventanillas y las distribuciones de los choques. En este momento la restricción de requerimiento de encaje aún no se tiene que satisfacer, por lo que el banco decide sobre su demanda en la subasta, $d_{j,T-1}$, y sobre la deficiencia del próximo período, $r_{j,T}$, para solucionar:

$$\max_{\{d_{j,T-1}, r_{j,T}\}} E_{T-1} \left[\pi_{j,T-1}^{omo} (d_{j,T-1}, r_{j,T}) + V_T (s_{j,T}; S_T) | b_{j,T-1} \right]. \quad (19)$$

La función objetivo en (19) está compuesta por dos elementos: el primero contiene los beneficios de la subasta y el segundo contiene la función valor del siguiente día evaluada en el equilibrio, pero condicionada a los estados que son determinados en $T - 1$ ⁹.

Se puede escribir el primer elemento en (19) como:

$$E_{T-1} \left[\pi_{j,T-1}^{omo} (d_{j,T-1}, r_{j,T}) | b_{j,T-1} \right] =$$

$$p \left[\begin{aligned} & -i_p d_{j,T-1} \\ & + i^d \left[-\left(r_{j,T-1} - r_{j,T} \right) \left[1 - F \left(r_{j,T-1} - r_{j,T} - \tilde{m}_{j,T-1} \right) \right] \right. \\ & \quad \left. + i^l \left[-\left(r_{j,T-1} - r_{j,T} \right) F \left(r_{j,T-1} - r_{j,T} - \tilde{m}_{j,T-1} \right) \right] \right] \end{aligned} \right]$$

9 En particular, el choque de demanda en $T - 1$ determina los activos líquidos en el período T , y la decisión endógena acerca de la reducción de la deficiencia en $T - 1$ determina $r_{j,T}$.

$$\begin{aligned}
 & + (1-p) \left\langle i^d \begin{bmatrix} a_{j,T-1} - b_{j,T-1} \\ -(r_{j,T-1} - r_{j,T}) \end{bmatrix} \left[1 - F \left[\begin{bmatrix} r_{j,T-1} - r_{j,T} \\ -(a_{j,T-1} - b_{j,T-1}) \end{bmatrix} \right] \right] \right. \\
 & \quad \left. + i^l \begin{bmatrix} a_{j,T-1} - b_{j,T-1} \\ -(r_{j,T-1} - r_{j,T}) \end{bmatrix} F \left[\begin{bmatrix} r_{j,T-1} - r_{j,T} \\ -(a_{j,T-1} - b_{j,T-1}) \end{bmatrix} \right] \right\rangle \\
 & + p \left[i^d E_T(\varepsilon_{j,T-1} | \varepsilon_{j,T-1} > r_{j,T-1} - r_{j,T} - \tilde{m}_{j,T-1}) \right. \\
 & \quad \left. + i^l E_T(\varepsilon_{j,T-1} | \varepsilon_{j,T-1} < r_{j,T-1} - r_{j,T} - \tilde{m}_{j,T-1}) \right] \\
 & + (1-p) \left[i^d E_T(\varepsilon_{j,T-1} | \varepsilon_{j,T-1} > r_{j,T-1} - r_{j,T} - (a_{j,T-1} - b_{j,T-1})) \right. \\
 & \quad \left. + i^l E_T(\varepsilon_{j,T-1} | \varepsilon_{j,T-1} < r_{j,T-1} - r_{j,T} - (a_{j,T-1} - b_{j,T-1})) \right].
 \end{aligned} \tag{20}$$

El primer corchete en (20) presenta los pagos para el evento en el cual el banco recibe la liquidez demandada en la subasta, con probabilidad p : este paga la tasa de interés de política por la liquidez demandada y, dependiendo de los estados, de las decisiones, del tamaño y del signo del choque de demanda, el banco termina el día con excesos de liquidez (cuando $\varepsilon_{j,T-1} + \tilde{m}_{j,T-1} > r_{j,T-1} - r_{j,T}$), la cual deposita en la ventanilla de contracción del banco central, o termina con faltantes de liquidez (cuando $\varepsilon_{j,T-1} + \tilde{m}_{j,T-1} < r_{j,T-1} - r_{j,T}$), en cuyo caso el banco pide prestados recursos en la ventanilla de expansión del banco central.

El segundo paréntesis (triangular) contiene los pagos en el evento de no obtener liquidez en la subasta. El banco enfrenta las mismas dos posibilidades: terminar el día con excesos de liquidez que deposita en la ventanilla de contracción y gana la tasa i^d , o terminar necesitando recursos que demanda en la ventanilla de expansión y paga la tasa i^l .

Utilizando (18) y el Supuesto 2, las condiciones de primer orden sobre (19) generan:

$$\{d_{j,T-1}\} : i^d + (i^l - i^d) F \left\{ r_{j,T-1} - r_{j,T} - [a_{j,T-1} - b_{j,T-1} + \hat{d}_{j,T-1} I(p)] \right\} - i_p = 0, \tag{21}$$

y

$$\{r_{j,T}\} : (1-p) \left\{ i^d + (i^l - i^d) F \left[r_{j,T-1} - \hat{r}_{j,T} - (a_{j,T-1} - b_{j,T-1}) \right] \right\} \tag{22}$$

$$+ p \left\{ i^d + (i^l - i^d) F \left[r_{j,T-1} - \hat{r}_{j,T} - (a_{j,T-1} - b_{j,T-1} + d_{j,T-1}) \right] \right\} - E_{T-1}(i_T) = 0.$$

Sustituyendo la función de reacción para la demanda en la subasta, $\hat{d}_{j,T-1}$, (21) en (22), se obtiene la función de reacción para la reducción de la deficiencia en $T-1$ en términos de estados $(a_{j,T-1}, r_{j,T-1})$, del $b_{j,T-1}$ predeterminado, de las tasas de interés exógenas del banco central y de la expectativa endógena sobre la tasa de interés interbancaria del día siguiente, $E_{T-1}(i_T)$:

$$r_{j,T-1} - \hat{r}_{j,T} = (a_{j,T-1} - b_{j,T-1}) + F^{-1} \left\{ \frac{E_{T-1}(i_T) - [pi_p + (1-p)i^d]}{(1-p)(i^l - i^d)} \right\}. \tag{23}$$

Se reemplaza la función de reacción para la reducción de la deficiencia (23) en (21) para obtener la función de reacción para la demanda en la subasta en términos de las distribuciones de los choques, de las tasas de interés exógenas y de la expectativa endógena sobre la tasa de interés interbancaria del siguiente día, $E_{T-1}(i_T)$:

$$\hat{d}_{j,T-1} = \begin{cases} F^{-1} \left\{ \frac{E_{T-1}(i_T) - [pi_p + (1-p)i^d]}{(1-p)(i^l - i^d)} \right\} - F^{-1} \left(\frac{i_p - i^d}{i^l - i^d} \right), & \text{con } p, \\ 0, & \text{con } 1-p \end{cases} \quad (24)$$

Una vez más, como en T , resulta útil conocer cómo cambia la función objetivo de la subasta en $T-1$ con la oferta marginal de recursos más temprano en el día, teniendo en cuenta las funciones de reacción para las variables endógenas. Se obtiene:

$$\frac{\partial}{\partial b_{j,T-1}} E_{T-1} \left[\pi_{j,T-1}^{omo} (\hat{d}_{j,T-1}, \hat{r}_{j,T}) + V_T(s_{j,T}; S_T) | b_{j,T-1} \right] = -E_{T-1}(i_T). \quad (25)$$

Las reservas marginales prestadas más temprano en el día cuestan el valor esperado en $T-1$ de la tasa de interés interbancaria en T . Hay que tener en cuenta que en el equilibrio (véase (14)) esta expectativa depende de la tasa de política y del tamaño y signo del choque de demanda en T .

2.3.2 Problema del banco en el mercado interbancario del día $t = T-1$

El banco j optimiza sobre su función valor:

$$V_{T-1}(S_{j,T-1}; S_{T-1}) = \max_{\{b_{T-1}^j\}} i_{T-1} b_{j,T-1} + E_{T-1} \left[\pi_{j,T-1}^{omo} (\hat{d}_{j,T-1}, \hat{r}_{j,T}) + V_T(s_{j,T}; S_T) | b_{j,T-1} \right]. \quad (26)$$

La función valor en $T-1$ tiene dos elementos: primero, los beneficios en el mercado interbancario y, segundo, el valor esperado tanto de los beneficios de la subasta como de la función valor del siguiente período.

La ecuación (26) es una función lineal en $b_{j,T-1}$. La optimización puede producir una de tres opciones: $i_{T-1} > E_{T-1}(i_T)$, donde al banco j le gustaría prestar tanto como sea posible en el mercado interbancario en el momento $T-1$; $i_{T-1} < E_{T-1}(i_T)$, donde al banco j le gustaría pedir prestado tanto como sea posible en el mercado interbancario, o $i_{T-1} = E_{T-1}(i_T)$, donde el banco j sería indiferente entre prestar (o pedir prestado) hoy o mañana y se tendrían infinitas soluciones para $b_{j,T-1}$ y para todas las demás variables endógenas que dependan de esta última.

Suponiendo que el banco j no puede prestar en el mercado interbancario más que los recursos que tiene disponibles en ese momento, el valor máximo que podría prestar sería $[b_{j,T-1}]^{\max} = a_{j,T-1}$. Si esta cantidad es positiva para todos y cada uno de los bancos, la situa-

ción $i_{T-1} > E_{T-1}(i_T)$ no puede ser un equilibrio, ya que, en este caso $\int_0^1 b_{j,T-1} > 0$ y esto viola la condición de equilibrio del mercado interbancario. Por otro lado, incluso si para algunos bancos $a_{j,T-1} < 0$, aquellos bancos no querían pedir prestado recursos en $T-1$, sino en T y, por tanto, para ellos $b_{j,T-1} = 0$. En conclusión, el caso $i_{T-1} > E_{T-1}(i_T)$ podría darse como un equilibrio en el mercado interbancario solamente si $a_{j,T-1} \leq 0, \forall j$ de forma que $b_{j,T-1}^* = 0, \forall j$.

En el evento que $i_{T-1} < E_{T-1}(i_T)$, al banco j le gustaría pedir prestado tanto como sea posible en el mercado interbancario. En principio, quisiera pedir prestado $r_{j,T}$ de forma que ya cubra su requerimiento en $T-1$. El banco j podría querer pedir prestado aún más y colocar recursos en la ventanilla de depósito del banco central, obteniendo un retorno de i^d . Puesto que en este caso los bancos querían pedir prestado tanto como sea posible para cubrir su deficiencia y colocar recursos en la ventanilla de depósito del banco central, esto daría como resultado $\int_0^1 b_{j,T-1} < 0$ y, por tanto, el caso $i_{T-1} < E_{T-1}(i_T)$ nunca puede ser un equilibrio del mercado interbancario.

Se concluye, entonces, que el único equilibrio posible para el mercado interbancario es tener

$$E_{T-1}(i_T) = i_{T-1}, \quad (27)$$

confirmando la hipótesis de que la tasa de interés interbancaria sigue un proceso Martingala. Pérez y Rodríguez (2006) analizan esta hipótesis, pero no obtienen una derivación analítica para ello.

La conclusión es que en este esquema hay múltiples (infinitos) equilibrios para la oferta (o demanda) de recursos del banco j en el mercado interbancario en el período $T-1$. De acuerdo con la ecuación (23), también hay equilibrios múltiples para la reducción de la deficiencia. Además, según la condición de equilibrio del mercado interbancario en (5), existen múltiples equilibrios para la tasa de interés interbancaria (su expectativa con información condicional en $T-1$), para la demanda en la subasta y la oferta de liquidez del banco central.

Los equilibrios múltiples están caracterizados por la ecuación (23), donde a mayor oferta de recursos del banco comercial en el mercado interbancario, menor es la reducción de la deficiencia que puede hacer. Hay una disyuntiva entre los dos objetivos de maximizar beneficios en el mercado interbancario y satisfacer la restricción de requerimiento de encaje. El banco tiene que escoger a lo largo de la relación lineal en la ecuación (23) qué tanto desea ofrecer (o demandar) en el mercado interbancario en el período $T-1$ con su correspondiente reducción de la deficiencia.

2.3.3 Determinación de un único equilibrio

La oferta en el mercado interbancario y la reducción de la deficiencia se determinan de manera conjunta. El banco comercial se enfrenta a una disyuntiva según la ecuación (23): si decide reducir su deficiencia, este sacrifica ganancias; y si decide ofrecer recursos en el

mercado interbancario y obtener beneficios, este no reduce su deficiencia y se enfrenta al riesgo de tener que aceptar liquidez más costosa.

Para resolver esta disyuntiva, en este artículo se supone que todas las instituciones tienen preferencias acerca de la velocidad con que quieren reducir su deficiencia. La función W representa estas preferencias. El banco j resuelve:

$$\max_{\{b_{j,T-1}, r_{j,T}\}} W = -\left[\gamma_j (b_{j,T-1})^2 + (r_{j,T-1} - r_{j,T})^2\right], \quad (28)$$

donde $0 \leq \gamma_j < \infty$ es el peso relativo que el banco j le da a la reducción de su deficiencia con respecto a sus beneficios en el mercado interbancario. Sujeto a la ecuación (23):

$$r_{j,T-1} - \hat{r}_{j,T} = a_{j,T-1} - b_{j,T-1} + F^{-1} \left[\frac{E_{T-1}(i_T) - [pi_p + (1-p)i^d]}{(1-p)(i^l - i^d)} \right].$$

Se reemplaza (23) en (28) y se utiliza el resultado Martingala en (27). Así, la condición de primer orden resulta en la función de reacción para la oferta (o demanda) del banco j en el mercado interbancario en términos de la tasa de interés interbancaria endógena en $T-1$, de los estados, de las variables exógenas y de los parámetros:

$$\hat{b}_{j,T-1} = \frac{1}{1 + \gamma_j} \left[a_{j,T-1} + F^{-1} \left[\frac{i_{T-1} - [pi_p + (1-p)i^d]}{(1-p)(i^l - i^d)} \right] \right]. \quad (29)$$

Sustituyendo (29) en (23) y utilizando (27) se obtiene la función de reacción para la reducción de la deficiencia, también en términos de la tasa de interés interbancaria endógena en $T-1$, de los estados, de las variables exógenas y de los parámetros:

$$r_{j,T-1} - \hat{r}_{j,T} = \frac{\gamma_j}{1 + \gamma_j} \left[a_{j,T-1} + F^{-1} \left[\frac{i_{T-1} - pi_p - i^d}{(1-p)(i^l - i^d)} \right] \right]. \quad (30)$$

Reemplazando (29) en la condición de equilibrio de mercado en (5), se puede hallar la tasa de interés interbancaria de equilibrio en $T-1$:

$$i_{T-1}^* = pi_p + (1-p)i^d + (i^l - i^d)F \left[-\frac{\int_0^1 \frac{a_{j,T-1}}{1 + \gamma_j} \partial j}{\int_0^1 \frac{1}{1 + \gamma_j} \partial j} \right]. \quad (31)$$

Para encontrar la oferta (o demanda) de recursos de equilibrio en el mercado interbancario y la reducción de la deficiencia de equilibrio en el período $T - 1$, se sustituye (31) en las ecuaciones (29) y (30), respectivamente:

$$b_{j,T-1}^* = \frac{1}{1+\gamma_j} \left[a_{j,T-1} - \frac{\int_0^1 \frac{a_{j,T-1}}{1+\gamma_j} \partial j}{\int_0^1 \frac{1}{1+\gamma_j} \partial j} \right], \quad (32)$$

y

$$r_{j,T-1} - r_{j,T}^* = \frac{\gamma_j}{1+\gamma_j} \left[a_{j,T-1} - \frac{\int_0^1 \frac{a_{j,T-1}}{1+\gamma_j} \partial j}{\int_0^1 \frac{1}{1+\gamma_j} \partial j} \right]. \quad (33)$$

Las ecuaciones (31) a (33) son los resultados del modelo que deben ser validados en la sección 3 de este artículo. Como se encontró para el período $t = T$, en el período $T - 1$ la tasa de interés interbancaria de equilibrio está distorsionada por la incertidumbre de la subasta. A menor p (probabilidad de conseguir la liquidez demandada en la subasta), mayor es la distorsión. Una vez más, así como en el último día del período de requerimiento, la oferta de liquidez de equilibrio de los bancos en el mercado interbancario no está afectada por el mecanismo de oferta de subasta-ventanillas.

Este resultado para $T - 1$, junto con el equilibrio en T , indica que el mecanismo subasta-ventanillas genera distorsiones sin ningún beneficio para la profundización de la actividad interbancaria. Vale la pena mencionar que, como se anotó, el mecanismo puesto en marcha podría responder a otros objetivos diferentes a la profundización del mercado interbancario que no se consideran o modelan en este artículo.

2.4 Recursividad

Reemplazando la oferta (o demanda) de equilibrio del banco j en el mercado interbancario (32) y la reducción de la deficiencia de equilibrio (33) en la función valor del día $T - 1$ (26), se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{\partial}{\partial r_{j,T-1}} \left\{ i_{T-1} b_{j,T-1}^* + E_{T-1} \left[\pi_{j,T-1}^{omo} (d_{j,T-1}^*, r_{j,T}^*) + V_T (s_{j,T}; S_T) | b_{j,T-1}^* \right] \right\} = -i_{T-1}, \quad (34)$$

la cual es análoga a (18). Así, los resultados para $t = T - 1$ pueden ser iterados para todo $t \in [1, T - 1]$

3 ANÁLISIS EMPÍRICO

Esta sección empieza describiendo las fuentes de información del mercado interbancario colombiano que van a ser utilizadas para validar los resultados (equilibrios) del modelo de la sección 2. Así, el enfoque será suministrar evidencia estadística para la hipótesis de Martingala, los resultados para el último día del período de requerimiento y, finalmente, para todos los otros días.

3.1 Datos

Con el fin de presentar las características que se encuentran en los datos de Colombia, se utilizó la información de los requerimientos promedio de reserva y de los fondos efectivamente mantenidos por los bancos, los cuales fueron reportados al regulador colombiano (Superintendencia Financiera de Colombia, Formato 443); las tasas de interés y las cantidades prestadas y tomadas en préstamo por cada entidad en el mercado no colateralizado (Superintendencia Financiera de Colombia, Formulario 441), y las tasas de interés y los montos transados en el mercado interbancario colateralizado del Depósito Central de Valores (DCV), depositario del banco central para la compensación y entrega de títulos del gobierno [TES]). Estos datos incluyen los registros de SEN, MEC y los realizados en OTC.

La atención se centra en el análisis y procesamiento de la información para las operaciones a un día solamente, y para ello se halla la posición global en el mercado interbancario para cada entidad (es decir, el valor prestado en los mercados colateralizados y no colateralizados menos el valor tomado en préstamo de los mismos). Se construye una tasa de interés promedio ponderada. La información de las OMA se toma del banco central. Se utilizan los montos demandados y los realmente obtenidos en las subastas diarias de las operaciones repo por cada entidad, y sus correspondientes tasas de interés. Esta información se utiliza para calcular el choque de oferta (frecuencia en que los bancos no consiguen recursos en la subasta).

Se construye una base de datos que refleje el funcionamiento de la política monetaria en Colombia. Esta contiene la oferta monetaria por parte del banco central y los requerimientos de reservas.

Se consideran todas las operaciones por entidad, para cada día del período enero de 2012 a abril de 2013. Esta base incluye 234 períodos completos de requerimiento de reserva, para lo cual se tienen 57.596 observaciones¹⁰. Debido a que el propósito es analizar todos los tipos de operaciones a un día entre entidades, lo cual se denomina el mercado interbancario total, se incluyen tanto las transacciones colateralizadas como las no colateralizadas¹¹. De estas operaciones se excluyeron todas las transacciones realizadas a

10 En Colombia, un período de requerimiento de reserva incluye un total de catorce días, que empieza un miércoles y termina un martes dos semanas después. Durante este período, la cantidad mantenida como reservas cada día (incluyendo los fines de semana) se considera en el promedio del requerimiento de reserva.

11 En este sentido, el propósito no es explicar la tasa de interés del mercado interbancario como se entiende tradicionalmente. Por lo común, la tasa de interés interbancaria a un día se obtiene de las transacciones no colateralizadas entre agentes. Como se mencionó, el interés es analizar estas operaciones al tiempo con las

tasas de interés inferiores a la tasa de depósito de la ventanilla del banco central porque se reconoce que estas se realizan con propósitos distintos a los de liquidez. Con las transacciones restantes se definen las siguientes variables:

Reducción de la *deficiencia*: corresponde al valor diario de las reservas de cada entidad. No incluye recursos diferentes de los utilizados con el objeto de cumplir el requerimiento de reservas¹². Es importante mencionar que no todas las entidades consideradas aquí deben cumplir con el requerimiento de reservas (únicamente las entidades de depósito).

Tasa de interés interbancaria total: calculada como el promedio ponderado de todas las operaciones colateralizadas y no colateralizadas consideradas en el modelo.

Operaciones diarias con el banco central: balance neto de las operaciones repos y de ventanillas de expansión y contracción.

Transacciones diarias interbancarias totales: transacciones colateralizadas y no colateralizadas a un día: 57.596 observaciones.

3.1.1 Parámetros utilizados en el análisis de datos

En los resultados que se presentan más adelante se calibraron los valores para los parámetros de la distribución de los choques de oferta y demanda y el parámetro de preferencia γ_j en la ecuación (28).

Se supone que los choques de demanda siguen una función de distribución Logística. Debido a que se cuenta con más de 50.000 observaciones, se supone que la media muestral y la desviación estándar corresponden a sus valores poblacionales; por tanto, se tiene una distribución del choque de demanda con $F(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon = 789,3)$.

El choque de oferta sigue una distribución Binomial con el parámetro p calibrado en 0,99. Este parámetro fue calculado como el promedio de la proporción de entidades que reciben alguna liquidez habiendo participado en la subasta.

El parámetro que captura las preferencias de las entidades sobre la reducción de la deficiencia y la actividad interbancaria γ_j fue calibrado dividiendo las ecuaciones (29) y (30), utilizando los datos por día y por entidad, y promediando por banco durante el período considerado.

3.2 Hipótesis de diferencia de Martingala

La ecuación (27) es una derivación analítica de la hipótesis de Martingala propuesta por Pérez y Rodríguez (2006). En esta sección se pretende comprobar si la tasa de interés interbancaria sigue este tipo de proceso. Se aplica el método de Domínguez y Lobato (2003) para probar la hipótesis de Martingala en diferencias. De la ecuación (27) se tiene:

$$E_t(i_{t+1}|i_t, \dots, i_1) = i_t \quad (35)$$

colateralizadas, por tanto, la tasa promedio resultante de ambos tipos de transacción es lo que aquí se denomina la tasa de interés interbancaria total.

12 No incluye recursos mantenidos en las ventanillas de contracción o expansión del banco central.

Se utiliza la definición de la expectativa condicional para escribir

$$E_t(i_{t+1} - i_t | i_t, \dots, i_1) = 0 \quad (36)$$

lo que implica que el retorno marginal esperado condicional de las reservas interbancarias es cero. La hipótesis de diferencias de Martingala permite afirmar que si la ecuación (36) se cumple, la tasa de interés interbancaria sigue un proceso de Martingala.

Se utiliza el *Test* Domínguez-Lobato para la hipótesis de diferencias de Martingala del paquete “vrtest” (prueba de la tasa de varianza y otras pruebas de hipótesis de diferencias de Martingala), que se ejecuta en R, y fue programado por Kim (2011; citado por Charles *et al.*, 2011).

La prueba establece $H_0: E_t(i_{t+1} - i_t | i_t, \dots, i_{t-q}) = 0$, y calcula las pruebas estadísticas de Cramer von Mises (Cp) y de Kolmogorov-Smirnov (Kp), con los *wild bootstrap p-value* de las pruebas Cp ($Cp - pval$) y Kp ($Kp - pval$), con trescientas iteraciones bootstrap y con rezagos $q = 5$ para la expectativa condicional. Se escogió este valor porque 5 es el rezago promedio para un período de requerimiento de dos semanas con diez días hábiles (es decir: $s = \frac{1}{9} \sum_{q=1}^9 q$).

Los resultados obtenidos no permiten rechazar la hipótesis nula con $Cp = 0,0176$; $Kp = 0,5050$; $Cp - pval = 0,9367$; $Kp - pval = 0,8133$.

Teniendo en cuenta que $Cp - pval$ y $Kp - pval$ son valores mayores a 0,05, no se rechaza la hipótesis del proceso de Martingala para la tasa de interés interbancaria de Colombia.

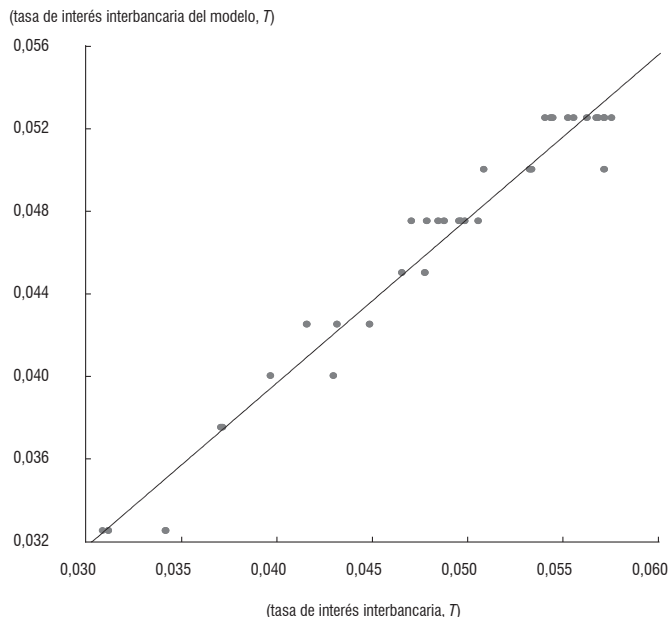
El significado económico de un proceso de Martingala podría entenderse como de eficiencia en el mercado interbancario, debido a que los beneficios esperados de un día a otro son estadísticamente iguales a cero puesto que se han agotado todas las posibilidades de arbitraje. Pérez y Rodríguez (2006) han llegado a establecer esta hipótesis a partir de sus derivaciones; sin embargo, hasta donde se tiene conocimiento, el presente es el primer artículo que genera una derivación analítica completa de este resultado.

3.3 Resultados del modelo versus el mercado interbancario en Colombia

En esta sección se presentan seis gráficos de dispersión para las variables de interés con el objetivo de comparar los datos observados (siempre en el eje horizontal) con los resultados del modelo (en el eje vertical). Cada gráfico tiene una línea de regresión lineal (con constante) de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). En un ajuste perfecto se obtendría una línea de 45 grados (un coeficiente de 1 en la regresión lineal). Los resultados de la regresión se presentan en el anexo. Se utilizó la ecuación (14) para obtener la tasa de interés de equilibrio del mercado interbancario del modelo para el último día del periodo de requerimiento. El modelo explica casi el 96% de la varianza de la variable (R^2 ajustado), con un coeficiente significativo de 1,21, lo que significa que el modelo subestima esta tasa de interés (Gráfico 3 y Cuadro A1.1).

Gráfico 3

Tasa de interés interbancaria para el último día del período de requerimiento



Fuente: cálculos de los autores.

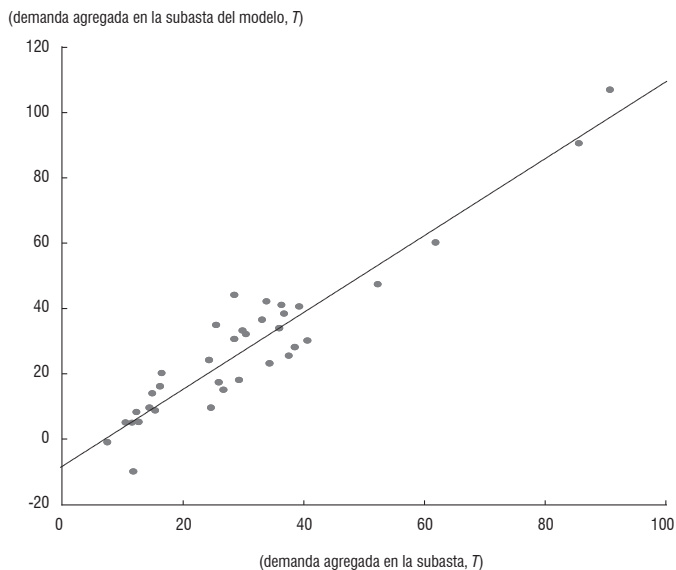
Se utilizó la ecuación (16) para obtener en el modelo la demanda agregada de equilibrio en la subasta para el último día del período de requerimiento. El modelo explica casi el 90% de la varianza de la variable (R^2 ajustado), con un coeficiente significativo de 0,76, lo que significa que el modelo sobreestima la demanda agregada (Gráfico 4 y Cuadro A1.2).

Se utilizó la ecuación (15) para obtener en el modelo la oferta de liquidez de equilibrio en el mercado interbancario por el banco j el último día del período de requerimiento. El modelo explica casi 35% de la varianza de la variable (R^2 ajustado), con un coeficiente significativo de 0,25, lo cual significa que el modelo sobreestima la actividad interbancaria (Gráfico 5 y Cuadro A1.3).

Se utilizó la ecuación (31) para obtener en el modelo la tasa de interés interbancaria de equilibrio para los días diferentes al último del período de requerimiento. El modelo explica cerca del 94% de la varianza de la variable (R^2 ajustado), con un coeficiente significativo de 1,24, lo cual significa que el modelo subestima esta tasa de interés (Gráfico 6 y Cuadro A1.4).

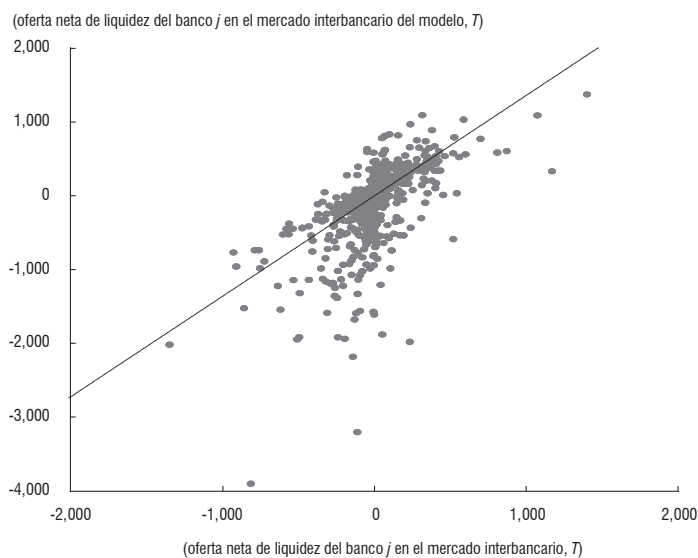
Se utilizó la ecuación (32) para obtener en el modelo la oferta de liquidez de equilibrio en el mercado interbancario del banco j en los días diferentes al último del período de requerimiento. El modelo explica cerca del 23% de la varianza de la variable (R^2 ajustado), con un coeficiente significativo de 0,35, lo cual significa que el modelo sobreestima esta actividad interbancaria (Gráfico 7 y Cuadro A1.5).

Gráfico 4
Demanda agregada en la subasta para el último día del período de requerimiento



Fuente: cálculos de los autores.

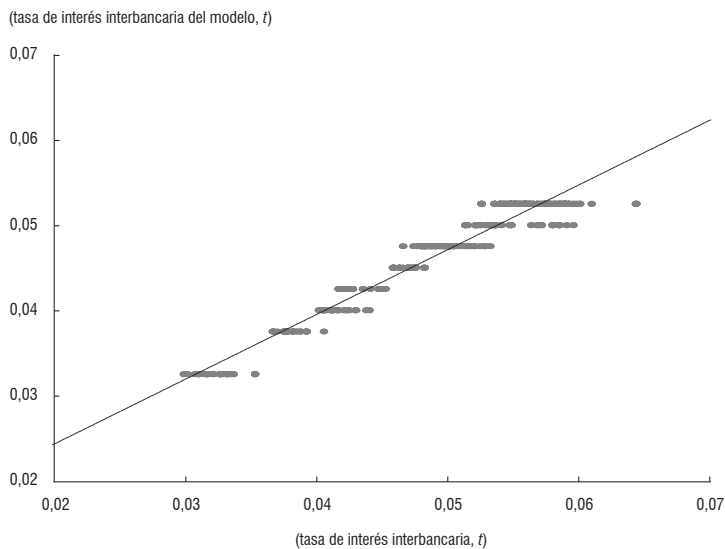
Gráfico 5
Oferta neta de liquidez del banco j en el mercado interbancario para el último día del período de requerimiento de encaje



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 6

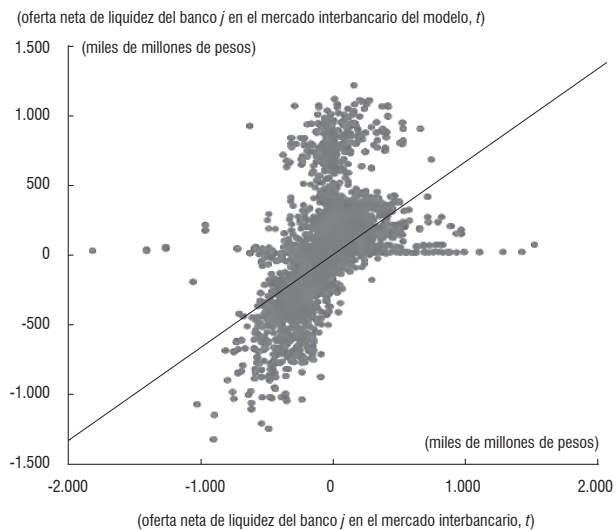
Tasa de interés interbancaria para los días del período de requerimiento diferentes al último



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 7

Oferta neta de liquidez del banco j en el mercado interbancario

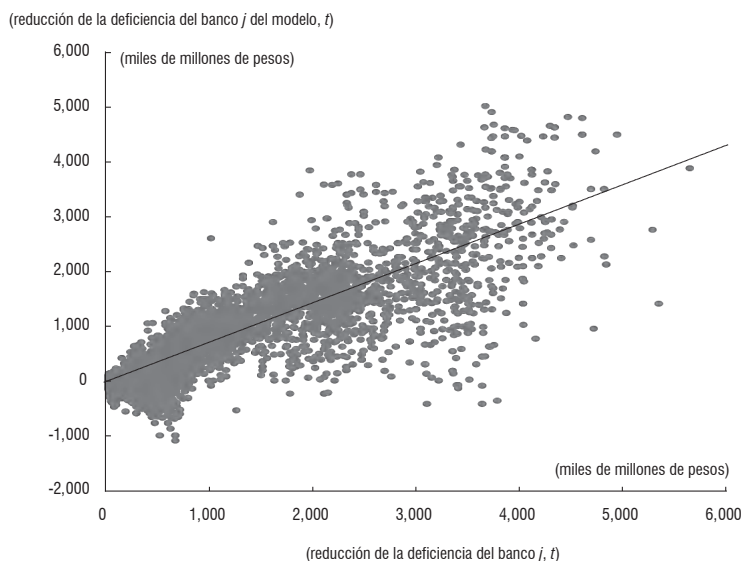


Fuente: cálculos de los autores.

Se utilizó la ecuación (33) para obtener en el modelo la reducción de la deficiencia de equilibrio del banco j en los días diferentes al último del período de requerimiento. El modelo explica cerca del 82% de la varianza de la variable (R^2 ajustado), con un coeficiente significativo de 1,15, lo cual significa que el modelo subestima la reducción de la deficiencia (Gráfico 8 y Cuadro A1.6).

Gráfico 8

Reducción de la deficiencia del banco j para los días del período de requerimiento diferentes al último



Fuente: cálculos de los autores.

4 CONSIDERACIONES FINALES

En este artículo se plantea un modelo estocástico dinámico para el mercado interbancario en Colombia. Para ello se modifica la estructura del modelo en Pérez y Rodríguez (2006) en cuatro aspectos: primero, se permite la posibilidad de subastas diarias en lugar de una sola en todo el período de requerimiento; segundo, se altera la cronología del modelo para que la subasta ocurra después de las negociaciones en el mercado interbancario, y no antes; tercero, las entidades en el modelo deciden óptimamente la cantidad de reservas que ellas quieren acumular cada día para contribuir a su requerimiento de reserva, lo cual era un residuo en Pérez y Rodríguez (2006). En este artículo se presenta una de cuatro posibles cronologías para esta decisión: se toma simultáneamente con la decisión de demanda en la subasta. Cuarto, junto con el choque de demanda en Pérez y Rodríguez (2006), las entidades en el modelo enfrentan una segunda fuente de incertidumbre: la posibilidad de no obtener recursos en la subasta, lo cual es una simplificación para

modelar el mecanismo de la subasta. Finalmente, el lector debe notar que esta estructura no tiene en cuenta fricciones que podrían alterar el supuesto de competencia perfecta, ni otras fuentes de heterogeneidad entre instituciones (por ejemplo, su tamaño), ni la percepción de riesgo entre los participantes del mercado (u otros problemas de información).

Se establecen dos objetivos principales para este artículo: primero, se intenta entender cómo funciona el mercado interbancario y, segundo, cómo el mecanismo de los bancos centrales para conducir la política monetaria afecta los resultados (tasas de interés y préstamos) en esos mercados. Aunque el interés se centra en el caso colombiano, las herramientas analíticas desarrolladas aquí pueden ser utilizadas para estudiar un rango amplio de mercados interbancarios de diferentes economías, siempre y cuando tengan características comunes.

Los principales resultados son:

La tasa de interés interbancaria de equilibrio será igual a la tasa de política, i_p , solo si la probabilidad de recibir los recursos demandados en la subasta es igual a 1. De lo contrario, el mecanismo de oferta monetaria causa una distorsión que separa la tasa de interés interbancaria de equilibrio de la tasa de política. El margen entre estas dos tasas depende del tamaño de los choques de demanda esperados, y está delimitado por las tasas de interés de las ventanillas del banco central.

La actividad óptima del banco j en el mercado interbancario el último día del período de reserva depende positivamente de sus activos netos de su deficiencia y de la demanda agregada por recursos (deficiencia agregada neta de activos agregados). La oferta de recursos de equilibrio en el mercado interbancario el último día del período de requerimiento no depende de la incertidumbre de recibir recursos en la subasta. Se concluye que, al menos dentro de la estructura presentada para el último día del período de requerimiento, el mecanismo de oferta monetaria con subastas y ventanillas no favorece la profundización del mercado interbancario.

En los días del período de requerimiento diferentes al último, la tasa de interés interbancaria de equilibrio está distorsionada por la incertidumbre en la subasta. A menor probabilidad de conseguir la liquidez demandada en la subasta, mayor es la distorsión. Una vez más, así como en el último día del período de requerimiento, la oferta de liquidez de equilibrio de los bancos en el mercado interbancario no se ve afectada por el mecanismo de oferta subasta-ventanillas.

Los resultados generales indican que el mecanismo de subasta-ventanillas genera distorsiones sin beneficios para la profundización de la actividad interbancaria. Vale la pena mencionar que, como se anotó, el mecanismo puesto en marcha podría responder a otros objetivos diferentes a la profundización del mercado interbancario, los cuales no fueron considerados o modelados en este artículo.

Es importante señalar que los resultados analíticos dependen de la estructura del modelo presentado en detalle, en particular de los supuestos en la modelación de la distribución de los choques de oferta y demanda.

Hasta donde se conoce, el presente artículo es el primero en presentar una derivación analítica de un proceso Martingala seguido por la tasa de interés interbancaria. El significado económico de un proceso de Martingala podría considerarse como de eficiencia en el mercado interbancario, puesto que los beneficios esperados de un día a otro son estadísticamente iguales a cero debido a que se han agotado todas las posibilidades de arbitraje.

Además, el análisis empírico encontró que los resultados del modelo son satisfactorios: se prueba y no se rechaza la hipótesis de que la tasa de interés interbancaria sigue un proceso de Martingala; se muestra que la tasa de interés interbancaria es consistentemente subestimada por el modelo, mientras que la actividad interbancaria y la demanda agregada en la subasta son sobreestimadas. Estos resultados provienen de dos fuentes: primero, podría ser útil restringir el modelo para tener una reducción positiva de la deficiencia (nótese que esta está subestimada) y, segundo, podría ser útil modelar otras fuentes de heterogeneidad entre bancos que capturen factores de riesgo.

REFERENCIAS

- Casella, G.; Berger, R. L. (1990). *Statistical Inference*. Belmont, CA: Duxbury, pp. 69.
- Cardozo, P.; Huertas, C.; Parra, J.; Patiño, L. (2011). “Mercado interbancario colombiano y manejo de la liquidez del Banco de la República”, Borradores de Economía, núm. 673.
- Charles, A.; Darne, O.; Kim J. H. (2011). “Small Sample Properties of Alternative Tests for Martingale Difference Hypothesis”, *Economics Letters*, vol. 110, núm. 2, pp. 151-154.
- Domínguez, M. A; Lobato, I. N. (2003). “Testing the Martingale Difference Hypothesis”, *Econometric Reviews*, vol. 22, núm. 4, pp. 351-377.
- Freedman, C; Laxton, D. (2009). “Why Inflation Targeting?”, IMF working paper, núm. 09/86.
- González, C. (2013). “Mercados interbancarios no colateralizados e información asimétrica”, Borradores de Economía, num. 758, Banco de la República.
- Jurgilas, M. (2006). “Interbank Markets under Currency Boards”, working papers, núm. 2006-19, University of Connecticut, Department of Economics.
- Kempa, M. (2006). “Money Market Volatility, A Simulation Study”, Research Discussion Papers, núm. 13/2006, Bank of Finland.
- Kempa, M. (2007). “What Determines Commercial Banks’ Demand for Reserves in the Interbank Market” Research Discussion Papers, núm. 30/2007, Bank of Finland.
- Moschitz, J. (2004). “The Determinants of the Overnight Interest Rate in the Euro Area”, working paper series, núm. 393, European Central Bank.
- Pérez, G.; Rodríguez, H. (2006). “The Daily Market for Funds in Europe: What Has Changed with the EMU?”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 38, núm 1, pp. 91-118, febrero.
- Pérez, G.; Rodríguez, H. (2010). “Asymmetric Standing Facilities: an Unexploited Monetary Policy Tool”, working papers, núm. 1004, Banco de España.

ANEXO 1

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN

Cuadro A1.1

Variable dependiente: ITOBS

Método: mínimos cuadrados

Fecha: 10/25/13; Hora: 09:34

Muestra: 135

Observaciones incluidas: 35

Variable	Coficiente	Error estándar	t-estadístico	Prob.
C	-0,007794	0,001937	-4,024030	0,0003
ITP1	1,212276	0,041287	29,36186	0,0000
R-cuadrado	0,963133	promedio variable dependiente		0,048577
R-cuadrado ajustado	0,962016	desviación estándar variable dependiente		0,007755
Error estándar de la regresión	0,001511	criterio de información de Akaike		-10,09616
Suma del cuadrado de los residuos	7,54E-05	criterio Schwartz		-10,00728
Verosimilitud logarítmica	178,6827	criterio Hannan-Quinn		-10,06548
F-estadístico	862,1186	estadístico Durbin-Watson		1,594127
Prob. (F-estadístico)	0,000000			

Cuadro A1.2

Variable Dependiente: MTOBS

Método: mínimos cuadrados

Fecha: 10/25/13; Hora: 09:39

Muestra: 135

Observaciones incluidas: 35

Variable	Coficiente	Error estándar	t-estadístico	Prob.
C	9,533129	1,653727	5,764632	0,0000
MTP1	0,760023	0,045532	16,69190	0,0000
R-cuadrado	0,894102	promedio variable dependiente		30,79094
R-cuadrado ajustado	0,890893	desviación estándar variable dependiente		18,89455
Error estándar de la regresión	6,241135	criterio de información de Akaike		6,555647
Suma del cuadrado de los residuos	1285,408	criterio Schwartz		6,644524
Verosimilitud logarítmica	-112,7238	criterio Hannan-Quinn		6,586327
F-estadístico	278,6195	estadístico Durbin-Watson		1,544094
Prob. (F-estadístico)	0,000000			

Cuadro A1.3

Variable Dependiente: BTOBS

Método: mínimos cuadrados

Fecha: 10/28/13; Hora: 09:37

Muestra: 1 4.165

Observaciones incluidas: 4.165

Variable	Coficiente	Error estándar	t-estadístico	Prob.
C	-0,000119	1,169397	-0,000102	0,9999
BTMOD	0,253084	0,005412	46,76405	0,0000
R-cuadrado	0,344397	promedio variable dependiente		-0,000120
R-cuadrado ajustado	0,344239	desviación estándar variable dependiente		93,19585
Error estándar de la regresión	75,46912	criterio de información de Akaike		11,48580
Suma del cuadrado de los residuos	23710736	criterio Schwartz		11,48885
Verosimilitud logarítmica	-23917,19	criterio Hannan-Quinn		11,48688
F-estadístico	2186,876	estadístico Durbin-Watson		1,894461
Prob. (F-estadístico)	0,000000			

Cuadro A1.4

Variable Dependiente: ITOBS

Método: mínimos cuadrados

Fecha: 10/28/13; Hora: 10:58

Muestra: 1 .450

Observaciones incluidas: 450

Variable	Coficiente	Error estándar	t-estadístico	Prob.
C	-0,008513	0,000694	-12,26791	0,0000
ITPIG3	1,239183	0,014725	84,15300	0,0000
R-cuadrado	0,940502	promedio variable dependiente		0,049411
R-cuadrado ajustado	0,940370	desviación estándar variable dependiente		0,007665
Error estándar de la regresión	0,001872	criterio de información de Akaike		-9,719537
Suma del cuadrado de los residuos	0,001569	criterio Schwartz		-9,701274
Verosimilitud logarítmica	2188,896	criterio Hannan-Quinn		-9,712339
F-estadístico	7081,727	estadístico Durbin-Watson		0,281033
Prob. (F-estadístico)	0,000000			

Cuadro A1.5

Variable Dependiente: BTOBS

Método: mínimos cuadrados

Fecha: 10/28/13; Hora: 10:29

Muestra: 1 53.550

Observaciones incluidas: 53.550

Variable	Coficiente	Error estándar	t-estadístico	Prob.
C	-0,001774	0,286399	-0,006195	0,9951
BTG3	0,351560	0,002751	127,7716	0,0000
R-cuadrado	0,233645	promedio variable dependiente		-0,001774
R-cuadrado ajustado	0,233630	desviación estándar variable dependiente		75,70624
Error estándar de la regresión	66,27518	criterio de información de Akaike		11,22555
Suma del cuadrado de los residuos	2,35E+08	criterio Schwartz		11,22588
Verosimilitud logarítmica	-300562,0	criterio Hannan-Quinn		11,22565
F-estadístico	16325,58	estadístico Durbin-Watson		2,108459
Prob. (F-estadístico)	0,000000			

Cuadro A1.6

Variable Dependiente: REDTOBS

Método: mínimos cuadrados

Fecha: 10/28/13; Hora: 10:40

Muestra: 153.550

Observaciones incluidas: 53.550

Variable	Coficiente	Error estándar	t-estadístico	Prob.
C	35,09531	0,951420	36,88729	0,00000
REDTG3	1,148930	0,002289	502,0172	0,00000
R-cuadrado	0,824760	promedio variable dependiente		154,0660
R-cuadrado ajustado	0,824757	desviación estándar variable dependiente		509,3573
Error estándar de la regresión	213,2276	criterio de información de Akaike		13,56263
Suma del cuadrado de los residuos	2,43E+9	criterio Schwartz		13,56297
Verosimilitud logarítmica	-363137,5	criterio Hannan-Quinn		13,56274
F-estadístico	252021,3	estadístico Durbin-Watson		1,845243
Prob. (F-estadístico)	0,000000			

Fuente: cálculos de los autores.

3. CICLOS CREDITICIOS, RIESGO DE CRÉDITO Y PROVISIONES CONTRACÍCLICAS

Martha López
Fernando Tenjo
Hector Zárate Solano*

Los ciclos de crédito muy extensos con frecuencia son señales de turbulencia macroeconómica. Por lo general, se acompañan de variaciones fuertes en los precios de los activos y agudas oscilaciones en la inversión y el producto. Desde el punto de vista de la estabilidad financiera, estos también son indicios de fragilidad. De acuerdo con la teoría de fricciones financieras (Bernanke *et al.*, 1999; Kiyotaki y Moore, 1997), los auges de crédito están reforzados y a su vez refuerzan el ciclo de los negocios. Según este enfoque, la riqueza neta de los agentes económicos es afectada por movimientos en los precios de los activos (que están determinados por expectativas de más altos dividendos), lo cual impulsa la percepción de un mejoramiento en el colateral disponible de los agentes económicos. Este incremento en el colateral permite un mayor endeudamiento tanto para firmas como para hogares. A su vez, el incremento en los niveles de endeudamiento financia mayor inversión y consumo, lo cual conlleva a un incremento adicional en los precios de los activos y el producto. El efecto multiplicador exagera la expansión inicial del crédito, de la inversión, y el crecimiento de los precios de los activos y del producto. Este mecanismo es aún más importante en el caso de burbujas de precios de activos, porque cuando la burbuja explota se puede generar una recesión económica. Esta teoría es conocida en la literatura económica con el nombre de mecanismo de acelerador financiero. Alguna evidencia empírica del mecanismo es presentada por Christensen y Dib (2008) para Estados Unidos y por López *et al.* (2009) para Colombia.

* Los autores son, en su orden, investigadora de la Unidad de Investigaciones del Banco de la República, director general del Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (Cemla) y econometrista de la Unidad de Econometría del Banco de la República. Agradecen a Hernando Vargas y a Eduardo Sarmiento Gómez por valiosos comentarios a versiones preliminares de este documento. Las opiniones expresadas no representan a las del Banco de la República ni su Junta Directiva, como tampoco las del Cemla.

En desarrollos más recientes relacionados con la gran recesión de finales de la década pasada, autores como Aikman *et al.* (2010), que desarrollan sus teorías a partir de trabajos de más larga data, Rajan (1994), explican cómo el incremento de la competencia entre los bancos, que se originó a partir de la desregulación financiera en los Estados Unidos durante la década de los años setenta y ochenta, tuvo como resultado un sistema financiero donde los bancos tienen que mantener el mismo ritmo de rendimientos que sus rivales, lo cual conduce a un incremento en la toma de riesgo.

En el modelo de Rajan (1994), el manejo del banco es racional, pero este tiene otras consideraciones de corto plazo. Además de maximizar sus beneficios, el banco está preocupado por su reputación, es decir, la percepción del mercado laboral de sus habilidades; en otras palabras, en el modelo el mercado no observa el portafolio de créditos del banco, sino únicamente sus rendimientos. En consecuencia, el banco trata de manipular sus ingresos corrientes alterando su política de créditos por una más laxa, lo cual infla los ingresos corrientes a costa de sus ingresos futuros. Este comportamiento de los bancos deriva en una falla de coordinación, como es documentado por Aikman *et al.* (2010), quienes reportan que durante 1992-2003 los principales bancos del Reino Unido, los Estados Unidos y Europa presentaron muy altos y sincronizados niveles de retornos, pero a costa de mayor riesgo en el agregado. En un contexto dinámico, como lo señala Rajan (1994; 400):

Cuando hay una pequeña probabilidad de un choque adverso al sector prestatario, los bancos están forzados a mantener políticas crediticias laxas. Esto a su vez conlleva a sobre inversión por parte de los prestatarios, lo cual incrementa la probabilidad de un choque adverso al sector. Solo después de que la situación del sector prestatario se deteriora considerablemente, es que los bancos tienen un incentivo para contraer la oferta de crédito. Cuando se retraen, la inversión se contrae súbitamente, los excesos se extraen del sector prestatario y el ciclo finaliza [traducción de los autores].

De todo esto es claro que el creciente interés entre académicos y diseñadores de política acerca de la regulación, la competencia y la toma de riesgo está justificado. Algunas de las respuestas señalan la importancia de utilizar instrumentos macro prudenciales para contener los excesos de crédito. Por ejemplo, Jiménez *et al.* (2012) señalan que algunos instrumentos como “colchones” contra cíclicos de capital, en primer lugar, ayudan a mitigar las contracciones de crédito porque el incremento en los requerimientos de provisiones durante auge provee colchones adicionales durante recesiones. Y en segundo lugar, requerimientos más altos sobre los fondos propios de los bancos pueden enfriar un auge liderado por crédito, bien porque los bancos internalizan los costos sociales de *defaults* sobre los créditos (mediante la reducción del riesgo moral) o porque cobran una tasa más alta por costos más altos en el capital del banco —ver Holmstrom y Tirole (1997); Morrison y White (2004); Adrian y Song Shin (2010); Shleifer y Vishny (2010) —.

En el caso de Colombia, Amador *et al.* (2013) también estudian la relación entre un crecimiento anormal del crédito y el comportamiento de toma de riesgo de los bancos a partir de información individual sobre su hoja de balance. Sus resultados muestran que un crecimiento anormal del crédito está positivamente relacionado con la cartera vencida, y negativamente relacionado con la solvencia de los bancos. Con respecto a

políticas macroprudenciales, la autoridad de supervisión bancaria (Superintendencia Financiera de Colombia [SFC]) introdujo un componente contracíclico a las provisiones individuales de los bancos desde julio de 2007. Este componente se deposita en forma adicional por cada deudor con el objetivo de acumular provisiones que más tarde serán utilizadas por cada entidad en momentos de condiciones adversas.

En este documento, en primer lugar, se presenta evidencia microeconómica de la relación existente entre rápido crecimiento de crédito y el deterioro de la cartera. Se encuentra evidencia de una relación positiva entre los ciclos del crédito y el riesgo de crédito *ex ante*: créditos otorgados durante períodos de auge tienen una probabilidad más alta de impago que aquellos otorgados en períodos de lento crecimiento del crédito. En este sentido, este documento se constituye en el primer estudio basado en información crediticia para el caso de Colombia.

En segundo lugar, dada la importancia para la política macro prudencial, se evalúa la efectividad de la introducción de provisiones contra cíclicas en Colombia en términos de suavizar el ciclo crediticio y el comportamiento de toma de riesgo de los bancos. Para hacer inferencias acerca de la relación causal entre los tratamientos (intervenciones), en este caso, las provisiones contra cíclicas, se necesita una base de datos homogénea que permita obtener una “historia” de un crédito antes y durante el período de la intervención. Se implementa una técnica de emparejamiento (*matching*) que permite tener esta base de datos homogénea para ser utilizada en el análisis econométrico. Se encuentra que este tipo de provisiones han amortiguado el ciclo del crédito en Colombia.

1. CRECIMIENTO DEL CRÉDITO Y RIESGO CREDITICIO

Para obtener conclusiones acerca de la relación entre el rápido crecimiento del crédito y el riesgo crediticio, se elaboró un análisis del crédito individual. Se probó la hipótesis de que créditos otorgados durante auges de crédito son más riesgosos que aquellos otorgados cuando el banco está atravesando por un período de bajo crecimiento crediticio. Este análisis proporcionaría evidencia micro para medidas regulatorias de tipo prudencial en políticas relacionadas con rápida expansión del crédito.

La base de datos que se utiliza proviene del formato 341 donde los bancos registran y reportan información a la SFC, que es la supervisora del sistema financiero en Colombia. La base de datos contiene más de dos millones de créditos comerciales, cuyo monto representa cerca del 70% del total de créditos otorgados por los bancos en Colombia. El estudio se enfoca en créditos nuevos otorgados a firmas no financieras con plazos de más de un año, y se lleva un seguimiento de ellos durante los siguientes años. El período de análisis cubre de 2003-I a 2011-III. Siguiendo a Saurina y Jiménez (2006), la ecuación que se estima relaciona la probabilidad de impago (*default*) del crédito y la posición del banco en el ciclo de la política crediticia:

$$Pr(Default_{bt+k} = 1) = F(\theta + \alpha(CCred_{bt} - promedio\ CCred_b) + \beta | CCred - promedio\ CCred | + \chi Carcred_{it} + \delta_1 Carbancos_{bt} + \delta_2 Cardeudor_{it} + \varphi_t + \eta_i) \quad (1)$$

donde la probabilidad de default en el crédito l , en el banco b , algunos k años después de haber sido otorgado (es decir, en $t + 2$, $t + 3$, y $t + 4$)¹ es una función logística de las características del crédito (*carcred*), como el monto del crédito, $LN(\text{tamaño del préstamo})$, colateral (*colateral*) y plazo, utilizando variables *dummy* para los años 1 a 3 y 3 y más años, siendo el índice de referencia (*benchmark*) los créditos de corto plazo (de 0 a 1 año). También, se controla por características de los bancos (*carbancos*), incluyendo *tamaño del banco* (total del activo del banco/total de activos del sistema bancario), *fondos propios/ total activos* (patrimonio del banco sobre el total del activo), una medida de apetito por riesgo medida por $CV^b - CV$ (la diferencia entre la cartera vencida del banco y la del total del sistema) y la *Posición interbancaria* (que es el crédito interbancario entre los bancos). Otra característica valiosa de esta información es que permite tener en cuenta características de los deudores (*cardeudor*), lo cual ayuda a separar efectos de demanda y de oferta, ya que la composición del grupo de deudores y créditos puede cambiar a lo largo del tiempo. La variable $LN(1 + \text{Número de relaciones bancarias})$ permite identificar el número de conexiones bancarias de cada deudor. La variable $LN(2 + \text{Edad como deudor})$ mide cuánto tiempo lleva el deudor en el sistema bancario. Y la variable *Riesgo del deudor* mide si el deudor estuvo en mora seis meses antes de que le fuese otorgado el crédito. También, se controla por características del entorno macroeconómico ϕ , tales como el crecimiento del PIB, CPIB, y la tasa de interés. Finalmente, se controla por la gran heterogeneidad, debido a efectos de la firma η_i .

Las definiciones y las estadísticas descriptivas de la variable dependiente y las variables independientes se presentan en el Cuadro 1. Como puede observarse, los créditos que estuvieron en *default* representaron el 20% del total. En los siguientes años (3 y 4), este porcentaje fue muy similar. La medida de tasa de interés que utilizamos es la desviación de la tasa de interés de su nivel natural (para evitar problemas de endogeneidad) y su valor promedio estuvo alrededor de 0,29%. El tamaño promedio de los bancos es 6,85%, con una desviación estándar muy amplia. En este sentido, es importante anotar que en Colombia cerca de cinco bancos del total de treinta es dueño de cerca del 60% del total de activos del sistema bancario. El promedio de la relación patrimonio a activos fue de 5,21%, con un máximo de 14,88%. En general, la cartera vencida de los bancos estuvo por debajo del promedio de la de todo el sistema. Con respecto a las características de los deudores, 4,9% eran riesgosos, en el sentido que fueron morosos seis meses antes de tener acceso a otro crédito. Los deudores llevan un promedio de 2,3 años en el sistema bancario. En cuanto a las características de los créditos, cerca del 50% tenía colateral y sus plazos estuvieron concentrados entre los tres y cinco años. Finalmente, el crecimiento promedio del PIB fue de 4,4%.

1 Siguiendo a Saurina y Jiménez (2006), se considera que un préstamo está en *default* cuando su parte dudosa es superior al 5% de su activo total. La parte dudosa del préstamo se calcula con información reportada en el formato 341, que corresponde a $PI \times EA \times PDI$, donde PI es la probabilidad de incumplimiento, EA es la exposición del activo en el momento de *default* y PDI es la pérdida dado el incumplimiento. En este sentido, el *default* es un estado no estático del cual los créditos pueden eventualmente salir hacia una mejor categoría.

Cuadro 1
Estadísticas descriptivas

Variables	Definición	Media	Desviación estándar	Mín.	Máx.
<i>Default</i>	Se considera que un crédito está en <i>default</i> cuando su parte dudosa es mayor que el 5% del total de su activo (en $k = 2$)	20,4	-	-	-
Tasa de interés (porcentaje)	Desviación de la tasa de interés de corto plazo de la tasa de interés natural	0,3	1,2	(1,3)	2,9
Tamaño banco _b (porcentaje)	Tamaño relativo del banco con respecto a otros bancos	6,9	4,7	0,2	20,7
Fondos propios/total activos _b (porcentaje)	Suma del capital del banco sobre el total de activos del banco	5,2	4,2	0,1	14,9
Posición interbancaria/total activos _b (porcentaje)	Suma neta de préstamos interbancarios del banco sobre total activos	(0,6)	2,7	(26,6)	9,7
$CV_b t - CV_t$ (porcentaje)	Diferencia entre el nivel de CV del banco y el de otros bancos	(4,0)	24,0	(87,3)	86,7
Riesgo del deudor _i (0/1)	1 si el deudor estuvo retrasado antes en otro préstamo	4,9	21,6	0,0	100,0
$\ln(2 + \text{edad como deudor}_i)$	Edad es el número de años desde la primera vez que la firma se endeudó con el banco	2,6	0,7	(0,0)	5,3
$\ln(\text{tamaño del préstamo})$	El log. del monto del préstamo	15,1	1,3	0,0	20,4
Plazo: 0 años-1 año (0/1)	1 si el plazo del préstamo es inferior a 1 año	0,1	0,3	0,0	1,0
Plazo: 1 año-2 años (0/1)	1 si el plazo del préstamo está entre 1 año y 2 años	0,1	0,2	0,0	1,0
Plazo: 2 años-3 años (0/1)	1 si el plazo del préstamo está entre 2 años y 3 años	0,1	0,3	0,0	1,0
Plazo: 3 años-4 años (0/1)	1 si el plazo del préstamo está entre 3 años y 4 años	0,4	0,5	0,0	1,0
Plazo: 4 años-5 años (0/1)	1 si el plazo del préstamo está entre 4 años y 5 años	0,1	0,3	0,0	1,0
Plazo: 5 años-más (0/1)	1 si el plazo del préstamo es superior a 5 años	0,2	0,4	0,0	1,0
CPIB (porcentaje)	Crecimiento del producto interno bruto real	4,4	2,0	0,9	7,7
Razón de eficiencia (porcentaje)	Margen operacional / total activos	0,5	0,3	(1,0)	1,0
Ingreso financiero/ATA (porcentaje)	Ingresos por intereses más dividendos recibidos sobre promedio del total de activos	2,5	0,3	2,0	3,1

Fuente: cálculos de los autores.

Una vez se controla por características de los bancos, deudores, créditos y condiciones macroeconómicas, se analiza el impacto sobre la probabilidad de *default* del crecimiento relativo del crédito de cada banco en el momento t con respecto a los créditos otorgados a firmas no financieras ($CCred_{bt} - promedioCCred_b$); es decir, la posición crediticia del

periodo corriente de cada banco en comparación con la expansión promedio de su cartera. Si el coeficiente α es positivo, esto significa que durante auges el riesgo crediticio se incrementa, lo que podría estar relacionado con bajos estándares crediticios en tales periodos. Por el contrario, cuando el crédito está creciendo por debajo de su nivel promedio, los *defaults* de los bancos disminuyen de manera significativa. En este sentido, es importante probar si existen asimetrías en la relación entre la probabilidad de *default* en cada fase del ciclo del crédito. Para eliminar valores extremos, se consideran aquellos bancos con una tasa de expansión del crédito entre los percentiles 5 y 95.

Los cuadros 2 a 4 reportan los resultados. Cada cuadro corresponde a *defaults* dos, tres y cuatro años después. La primera fila en la columna 1 de los cuadros corresponde a la variable de interés. El coeficiente α es positivo y significativo; esto significa que, cuando la tasa de crecimiento de los créditos del banco está por encima de su valor promedio, se incrementa la probabilidad de que los créditos entren en *default* durante los siguientes años. Este resultado es robusto cuando se consideran *defaults* tres y cuatro años después de que el crédito fue otorgado.

También se analiza si existe un efecto asimétrico en la relación entre el efecto del crecimiento del crédito y el riesgo crediticio (columnas 2, 4 y 6 en los cuadros 2, 3, y 4). La prueba de asimetría del ciclo del crédito indica que la probabilidad de *default* no se afecta de manera diferente durante auges que durante malos tiempos. Tanto en buenos como en malos tiempos encontramos un efecto positivo y significativo sobre los *defaults* futuros. Este resultado se encuentra en una dirección opuesta a la de los resultados encontrados por Saurina y Jiménez (2006) en el caso de España.

Con respecto a las variables de control, algunos de los resultados son afines con otros estudios. La probabilidad de *default* se incrementa cuando el crecimiento del PIB es más bajo. Este resultado refuerza la noción que existe, intrínseca al comportamiento de los bancos, de un mecanismo que cambia su percepción del riesgo como respuesta a las condiciones macroeconómicas. Una alta tasa de crecimiento de la economía eleva la probabilidad de *default* de los créditos nuevos y disminuye la de créditos vigentes. Altos niveles de crecimiento económico tienen un impacto negativo en la percepción del riesgo de los créditos vigentes y reduce su probabilidad de *default* mediante, entre otras cosas, implicaciones de flujos de caja. En el mismo sentido, en la medida en que las tasas de interés se incrementan, la probabilidad de *default* de los créditos vigentes se eleva.

En lo relacionado con las características específicas de los créditos, encontramos que los de más corto plazo y más pequeños son más riesgosos, lo cual coincide con lo que se esperaría de un mercado de crédito con información asimétrica y economías de escala en la actividad crediticia. Adicionalmente, si el crédito tiene colateral, la probabilidad de *default* disminuye. Este resultado puede deberse al hecho de que a medida que se incrementan los estándares crediticios, la probabilidad de *default* disminuye. En cuanto a características de los bancos, el impacto de tamaño y apalancamiento resulta contra intuitivo: bancos grandes y con más recursos propios aparecen como más riesgosos. Sin embargo, la relación entre cartera vencida de los bancos y la probabilidad de *default* de los créditos es positiva.

Las características del deudor también tienen los signos esperados y son afines con otros resultados en la literatura de toma de riesgo. Si el deudor ha hecho *default* seis meses antes de que le otorguen otro crédito, la probabilidad de *default* en los siguientes

años se incrementa. Este resultado también confirma que hay una persistencia en el mercado de crédito que enfatiza el comportamiento de los bancos, derivado probablemente de unas tasas de interés más altas cobradas a este tipo de deudores “malos”. Si el deudor tiene una historia crediticia amplia en el sistema financiero, la probabilidad de *default* disminuye. Y finalmente, un deudor con más interconexiones bancarias es más riesgoso.

Cuadro 2
Resultados de la estimación de la ecuación (1): parte A

Variables	(1)		(2)	
	Coefficiente	Sig.	Coefficiente	Sig.
<i>Variable dependiente</i>	Default _{ijt+2} (0/1)		Default _{ijt+2} (0/1)	
$Ccred_{bt} - promedio\ Ccred_b(\alpha)$	0,00012	***	-0,00014	***
$Ccred_{bt} - promedio\ Ccred_b (\beta)$	-	-	0,00040	***
Tamaño banco _{b,t}	0,23757	***	0,26126	***
Fondos propios / total activos _{b,t}	4,92541	***	4,84037	***
$CV_{b,t} - CV_t$	0,17542	***	0,16914	***
Riesgo del deudor _{ft}	1,99213	***	1,99146	***
$\ln(2 + edad\ como\ deudor)_{ft}$	-0,04336	***	-0,04351	***
$\ln(1 + número\ de\ relaciones\ bancarias)_{ft}$	0,19450	***	0,19597	***
Colateral (0/1)	-0,55900	***	-0,55724	***
$\ln(\text{tamaño del préstamo})$	-0,06496	***	-0,06519	***
Plazo: 1 año-3 años (0/1)	0,01435	***	0,01381	***
Plazo: 3 años-más (0/1)	-0,34199	***	-0,34087	***
Tasa de interés _t	0,05983	***	0,06053	***
$CPIB_t$	-1,99237	***	-1,97802	***
T	0,00704	***	0,00703	***
-Log. likelihood	-152644,20490	***	-152632,89640	***
Constante	-0,18895	***	-0,21322	***
Prueba de impacto asimétrico				
(valor-p)				
$\alpha + \beta = 0$	-		< 0,0001	
$\alpha - \beta = 0$	-		0,0004	

Fuente: cálculos de los autores.

Para establecer la relevancia económica de los resultados, se calcula la semi elasticidad del crecimiento del crédito, introduciendo en el modelo el crecimiento del crédito, sin hacer referencia a su nivel promedio. Los resultados se presentan en el Cuadro 5. Como puede observarse, los resultados son robustos para el segundo y tercer año. La semi elasticidad de la expansión del crédito es 0,73% para *default* en $t + 2^2$, esto significa que si un banco crece 1 punto porcentual (pp), la probabilidad de *default* en $t + 2$ se incrementa en 0,73%. Este es un impacto económico importante.

2 El efeto marginal de la variable k se calcula como $EM_k = \frac{d[Prob(y = 1 | \bar{x})]}{dx_k} = \Lambda(\hat{\beta}\bar{x})[1 - \Lambda(\hat{\beta}\bar{x})]\hat{\beta}_k$. La semi elasticidad está dada por $EM_k/default\ promedio$.

Cuadro 3
Resultados de la estimación de la ecuación (1): parte B

Variables	(3)		(4)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
<i>Variable dependiente</i>	<i>Default_{ijt+3} (0/1)</i>		<i>Default_{ijt+3} (0/1)</i>	
$Ccred_{bt} - \text{promedio } Ccred(\alpha)$	0,00016	***	0,00021	***
$Ccred_{bt} - \text{promedio } Ccred_b (\beta)$	-	-	-0,00006	***
Tamaño banco _{bt}	0,64153	***	0,64923	***
Fondos propios / total activos _{bt}	2,50416	***	2,45405	***
$CV_{bt} - CV_t$	-0,16485	***	-0,16150	***
Riesgo del deudor _{ft}	2,08732	***	2,10175	***
$\ln(2 + \text{edad como deudor})_{ft}$	-0,03206	***	-0,03321	***
$\ln(1 + \text{número de relaciones bancarias})_{ft}$	0,17973	***	0,18186	***
Colateral _{lt} (0/1)	-0,51065	***	-0,51543	***
$\ln(\text{tamaño del préstamo } l_t)$	-0,08491	***	-0,08501	***
Plazo: 1 año-3 años (0/1)	0,25552	***	0,25416	***
Plazo: 3 años-más (0/1)	-0,28924	***	-0,28478	***
Tasa de interés _t	0,02257	***	0,02278	***
CPIB _t	-0,42148	***	-0,38363	***
T	0,02244	***	0,02317	***
-Log. likelihood	-84335,95906	***	-83417,41346	***
Constante	0,04601	***	0,04742	***
Prueba de impacto asimétrico				
(valor-p)				
$\alpha + \beta = 0$	-		0,24090	
$\alpha - \beta = 0$	-		0,37680	

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro 4
Resultados de la estimación de la ecuación (1): parte C

Variables	(5)		(6)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
<i>Variable dependiente</i>	<i>Default_{ijt+4} (0/1)</i>		<i>Default_{ijt+4} (0/1)</i>	
$Ccred_{bt} - \text{promedio } Ccred(\alpha)$	0,00046 ***	***	0,00006	***
$Ccred_{bt} - \text{promedio } Ccred_b (\beta)$	-	-	-0,00070	***
Tamaño banco _{bt}	1,29230	***	1,33032	***
Fondos propios / total activos _{bt}	4,03234	***	4,88155	***
$CV_{bt} - CV_t$	-0,16069	***	-0,07872	***
Riesgo del deudor _{ft}	1,94020	***	1,90044	***
$\ln(2 + \text{edad como deudor})_{ft}$	-0,05088	***	-0,06173	***
$\ln(1 + \text{número de relaciones bancarias})_{ft}$	0,13677	***	0,13413	***
Colateral (0/1)	-0,57640	***	-0,58958	***
$\ln(\text{tamaño del préstamo})$	(0,08019	***	-0,07475	***
Plazo: 1 año-3 años (0/1)	0,04244	***	0,07358	***
Plazo: 3 años-más (0/1)	-0,48453	***	-0,56795	***
Tasa de interés _t	-0,01308	***	0,00206	***
CPIB _t	2,41658	***	1,18897	***
T	0,01392	***	0,01020	***
-Log. likelihood	-41431,50171	***	-48544,15863	***

Cuadro 4 (continuación)**Resultados de la estimación de la ecuación (1): parte C**

Variables	(5)		(6)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
Constante	0,14860	***	0,21297513	***
Prueba de impacto asimétrico				
(valor-p)				
$\alpha + \beta = 0$	-		< 0,0001	
$\alpha - \beta = 0$	-		0,0248	

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro 5**Resultados de ecuación (1): tasa de crecimiento del crédito sin comparación con su valor promedio**

Variables	(1)		(2)		(3)	
	Coeficiente	Sig.	Coeficiente	Sig.	Coeficiente	Sig.
<i>Variable dependiente</i>	<i>Default_{ijt+2}(0/1)</i>		<i>Default_{ijt+3}(0/1)</i>		<i>Default_{ijt+4}(0/1)</i>	
$Ccred_{bt} - promedio\ Ccred\ (\alpha)$	0,00019	***	0,00021	***	-0,00041	***
$Ccred_{bt} - promedio\ Ccredb\ (\beta)$	0,24276	***	0,65198	***	1,41945	***
Tamaño bancob _t	4,87076	***	2,49528	***	4,87747	***
$CV_{bt} - CV_t$	0,17324	***	-0,16762	***	-0,07814	***
Riesgo del deudor _{ft}	1,99169	***	2,08752	***	1,89513	***
$\ln(2 + edad\ como\ deudor)_{ft}$	-0,04335	***	(0,03194	***	-0,06141	***
$\ln(1 + número\ de\ relaciones\ bancarias)_{ft}$	0,19419	***	0,17945	***	0,13671	***
Colateral (0/1)	-0,55819	***	-0,51004	***	-0,58765	***
$\ln(\text{tamaño del préstamo})$	-0,06496	***	-0,08496	***	-0,07472	***
Plazo: 1 año-3 años (0/1)	0,01362	***	0,25552	***	0,07282	***
Plazo: 3 años-más (0/1)	-0,34167	***	-0,28884	***	-0,56704	***
Tasa de interés _t	0,06036	***	0,02276	***	0,00466	***
CPIB _t	-2,01997	***	(0,44690	***	1,01642	***
T	0,00711	***	0,02247	***	0,00880	***
-Log likelihood	-152636,57520	***	-84334,14388	***	-48550,91107	***
Constante	-0,19589	***	0,04008	***	0,17268	***

Fuente: cálculos de los autores.

1.1 Efectividad de las provisiones contracíclicas en Colombia

En esta sección se describen las principales características de las provisiones contracíclicas que se introdujeron en Colombia, y principalmente, se evalúa su efectividad en términos de amortiguar el ciclo del crédito y el comportamiento de toma de riesgo de los bancos.

1.1.1 Provisiones contracíclicas como herramienta macroprudencial

Como se mostró en la sección anterior, el rápido crecimiento del crédito está asociado a un incremento en el riesgo *ex ante*. Más aún, los auges de crédito en las economías emergentes están asociados con frecuencia con turbulencia macroeconómica: cerca del 68% de los auges de crédito en economías emergentes están relacionados con crisis cambiarias, 55% con crisis bancarias, y 32% con paradas súbitas de flujos de capital (Mendoza y Terrones, 2008). En las economías industrializadas, las recientes crisis financieras han sido las peores desde la Gran Depresión. Esto ha llamado la atención de diseñadores de política y de reguladores, los cuales se encuentran en la búsqueda de políticas macroprudenciales que ayuden a prevenir las crisis financieras. Como señalan Jiménez *et al.* (2012):

Dentro de los instrumentos macroprudenciales, los que más han llamado la atención son los contracíclicos. En reuniones del G20 se ha resaltado la importancia de mitigar la prociclicidad del sistema financiero... La intuición para instrumentos de capital contracíclicos es que los bancos deberían incrementar su capital en buenos tiempos y disminuirlo en malos tiempos. Un nivel más alto de requerimientos durante expansiones debería contribuir a moderar el endeudamiento. Unos requerimientos de capital más bajos durante malos tiempos deberían reducir los incentivos de los bancos a hacer recortes adicionales de su crédito y, por tanto, de empeorar la recesión. Esta es precisamente la dimensión macro de una medida regulatoria (requerimientos de capital en este ejemplo) o, en breve, un instrumento macroprudencial [traducción de los autores].

En el caso particular de la economía colombiana, los ciclos crediticios han sido muy pronunciados en las últimas décadas. Teniendo en cuenta preocupaciones por la estabilidad financiera, la SFC introdujo un componente contracíclico a las provisiones individuales desde julio de 2007. Este componente corresponde a la parte de provisiones individuales que se acumula de forma adicional por cada deudor durante épocas de buenos tiempos, con el objetivo de desacumularlas en momentos de debilitamiento de la actividad crediticia.

El monto de este componente depende de la situación particular de cada banco, aunque la regla es igual para todos: cuando el banco es robusto financieramente, la calidad de su cartera es buena y la tasa de crecimiento del crédito es superior a cierto nivel, el banco debe acumular provisiones contracíclicas y, en la situación opuesta, puede hacer uso de este “colchón”. Cada institución financiera debe acumular o desacumular sus provisiones contracíclicas de acuerdo con cuatro criterios: calidad, eficiencia, fragilidad y expansión del crédito. Una descripción más detallada de la metodología se presenta en el Anexo 1.

El colchón que se acumula es contracíclico porque los requerimientos de provisiones en buenos tiempos se encuentran por encima de las provisiones específicas promedio, y durante malos tiempos hay una desacumulación de las mismas para ayudar a cubrir necesidades de provisiones específicas para disminuir la presión sobre la oferta de crédito.

1.1.2 Datos y estrategia de identificación

Para esta parte del estudio también se utiliza la base de datos que proviene del formato 341. Se analizan los registros de los créditos comerciales reportados por la SFC que contiene información confidencial muy detallada de todos los préstamos otorgados por todos los bancos del sistema. Como se mencionó en la sección anterior, la base de datos contiene más de dos millones de créditos comerciales, cuyo monto corresponde a aproximadamente el 70% del total de la cartera de crédito comercial.

En lo relacionado con la identificación, un gran reto para probar el impacto de las provisiones individuales contracíclicas sobre el crecimiento del crédito es separar oferta de demanda. La estrategia de identificación se facilita por el hecho de que en Colombia el sistema financiero es un sistema basado en bancos, la relación crédito a PIB es cerca del 55% y la mayoría de los bancos no tiene acceso a financiamiento mediante bonos. En este sentido, no es necesario que aislar el llamado “canal de crédito”, como se hace en Gambacorta y Mistrulli (2004). En algunos estudios los analistas han utilizado diferentes aproximaciones de identificación, pero la mayoría de ellos con datos por bancos. Algunos han utilizado la naturaleza de la banca por país para identificar oferta de crédito, donde la demanda presumiblemente no se ve afectada por perturbaciones en otro país (véase, por ejemplo Mora y Logan, 2012). Otros como Gambacorta y Mistrulli (2004) utilizan vectores autorregresivos en los cuales se incluyen *proxies* de demanda directamente. Otros han utilizado un enfoque de emparejamiento de bancos (véase, Carlson *et al.* 2011). Hasta donde sabemos, el único estudio que identifica la oferta de crédito según firma es el de Jiménez *et al.* (2012).

En nuestro caso, la disponibilidad de datos por firma suministrados por la SFC ofrece un planteamiento experimental ideal para identificación. Dado que la introducción de las provisiones contracíclicas tiene efectos específicos en cada banco de acuerdo con su portafolio de crédito, la perturbación no puede considerarse “aleatoria” (se necesita que aquello que hace las provisiones de los bancos diferentes no esté correlacionado con el impacto de las provisiones de los bancos sobre el crecimiento del crédito). Siguiendo a Jiménez *et al.* (2012), se utilizan regresiones por crédito, se satura con efectos fijos de la firma a lo largo del tiempo para capturar tanto la heterogeneidad observada como la no observada en los fundamentales de la firma (es decir, se captura demanda de crédito y características de la composición del portafolio de los bancos), al tiempo, se controla exhaustivamente por otras características de los bancos y de los créditos. Según la disponibilidad de los datos, se consideran como variables de efectos fijos la edad del deudor (el tiempo que ha permanecido endeudado), el riesgo del deudor y el número de interconexiones bancarias del deudor.

1.1.3 Estrategia empírica y resultados

El objetivo en esta sección es determinar el efecto causal de las provisiones contracíclicas por medio de un modelo contrafactual (véase el Anexo 2). En este modelo, se utiliza el conjunto de características de los créditos que fueron otorgados después de la intervención, julio de 2007, y se utilizan para obtener un conjunto de créditos otorgados antes de la

intervención con “exactamente” las mismas características³. Este procedimiento se hace por medio del cómputo de un *propensity score* (puntaje de probabilidad) para cada crédito. En una base de datos aleatoria, para el período 2003-I – 2011-III, el *propensity score* mostrará la probabilidad de que un crédito haya sido asignado a un grupo de control (grupo sin provisiones contracíclicas) o a un grupo de tratamiento (grupo con provisiones contracíclicas).

Posteriormente, utilizando el *propensity score*, se hace un emparejamiento (*matching*) de los créditos en el grupo de control con los créditos en el grupo de tratamiento. Los resultantes créditos emparejados conforman un conjunto que refleja una situación sintética en la cual existe un mercado de crédito de exactamente las mismas características antes y después de 2007. En esta etapa ya se puede determinar el efecto causal de las provisiones contracíclicas sobre el crecimiento del crédito, utilizando como especificación econométrica la siguiente ecuación:

$$LMCred_{q,l,t} = \alpha + \beta \times Tratamiento + Tratamiento \times Características_{q,l,t} + e_{q,l,t} \quad (2)$$

donde $LMCred_{q,l,t}$ es el logaritmo del monto del crédito en el percentil q ; *Tratamiento* indica si el crédito fue otorgado durante el período 2007.3 y 2011.3; $Tratamiento \times Características_{q,l,t}$ es un vector de interacciones y $e_{q,l,t}$ es el término de error.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados para la distribución contrafactual. En la parte superior de la tabla se observa que el valor estimado para el parámetro β varía entre -10,91% para los préstamos más pequeños y -8,18% para los préstamos más grandes. Esto implica que la medida tuvo un efecto significativo. Los resultados son robustos para diferentes especificaciones del modelo.

Cuadro 6

Efectividad de las provisiones contracíclicas: distribución contrafactual

Efecto	q5 Coef.	q10 Coef.	q25 Coef.	q50 Coef.	q75 Coef.	q90 Coef.	q95 Coef.
A. Sin interacción							
Variable dependiente	$LMCcredit_{q,l,t}$						
Tratamiento	-10,91 ***	-9,45 ***	-6,96 ***	-6,25 ***	-6,22 ***	-6,93 ***	-8,18 ***
Constante	14,72 ***	15,62 ***	16,95 ***	18,13 ***	19,37 ***	20,93 ***	22,18 ***
B. Interacción: tamaño del banco							
Efecto	q5 Coef.	q10 Coef.	q25 Coef.	q50 Coef.	q75 Coef.	q90 Coef.	q95 Coef.
Variable dependiente:	$LMCcredit_{q,l,t}$						
Tratamiento	-15,65 ***	-11,68 ***	-7,91 ***	-6,75 ***	-6,62 ***	-6,93 ***	-8,18 ***
Interacción							
Tamaño del banco	0,32 ***	0,17 ***	0,77 ***	0,39 ***	0,31 ***	0,00	0,00
Constante	14,72 ***	15,62 ***	16,95 ***	18,13 ***	19,37 ***	20,93 ***	22,18 ***

3 Se emplea un conjunto de variables exógenas que corresponden a características de los bancos (tamaño, apalancamiento, liquidez, cartera vencida relativa, composición del activo), características de los préstamos (monto, plazo y colateral), características de los deudores (riesgo, edad como deudor e interconexiones bancarias) y algunas variables macroeconómicas (crecimiento del PIB y desviación de la tasa de interés de la tasa natural).

Cuadro 6 (continuación)**Efectividad de las provisiones contracíclicas: distribución contrafactual**

Efecto	q5	q10	q25	q50	q75	q90	q95
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
C. Interacción: fondos propios							
Efecto	q5	q10	q25	q50	q75	q90	q95
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
Variable dependiente:	$LMCredit_{q,t}$						
Tratamiento	-11,83 ***	-8,80 ***	-6,99 ***	-6,09 ***	-5,91 ***	-6,93 ***	-8,18 ***
Interacción							
Fondos propios	0,22	-0,19	0,10	-0,49	-0,89 **	0,00	0,00
Constante	14,72 ***	15,62 ***	16,95 ***	18,13 ***	19,37 ***	20,93 ***	22,18 ***
D. Interacción: CV-banco							
Efecto	q5	q10	q25	q50	q75	q90	q95
	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.	Coef.
Variable dependiente:	$LMCredit_{q,t}$						
Tratamiento	-11,66 ***	-8,06 ***	-8,12 ***	-7,14 ***	-6,57 ***	-6,96 ***	-8,24 ***
Interacción							
CV-banco	-0,27	0,11	-0,10 *	-0,75 **	-3,19	0,00	0,00
Constante	14,77 ***	15,69 ***	16,99 ***	18,19 ***	19,42 ***	20,96 ***	22,24 ***

Fuente: cálculos de los autores.

2. CONCLUSIONES

Utilizando un análisis por crédito para la economía colombiana, este estudio muestra que durante períodos de auges crediticios la probabilidad de *default* en los años posteriores se incrementa y que cuando el crecimiento del crédito está por debajo de su promedio, los bancos son más cuidadosos en el otorgamiento de los créditos, lo cual conlleva a una disminución en futuros *defaults*. Esto es evidencia de que en Colombia, como en otras economías, cuando la competencia se eleva, los bancos alteran sus políticas de crédito para reportar ingresos más altos relativos a los de sus rivales, lo que da cabida al surgimiento de fallas de coordinación en la medida en que los bancos simultáneamente incrementan su riesgo. Esto, a su vez, genera un auge de crédito sistemático y una posterior contracción cuando el riesgo se materializa (Aikman *et al.* 2010).

La evidencia acerca de la relación procíclica entre el rápido crecimiento del crédito y el riesgo de crédito *ex ante* se constituye en un argumento que favorece la decisión de la SFC de introducir provisiones contracíclicas en julio de 2007. Estas actúan como colchón, el cual permite a las entidades financieras acumular provisiones extra cuando la entidad es financieramente robusta y desacumularlas durante malos tiempos. Más aún, los resultados acerca del efecto de estas provisiones sobre el crecimiento del crédito en Colombia muestran que han contribuido a amortiguar el ciclo del crédito. Esto, a su vez, disminuye de manera indirecta el riesgo de crédito *ex ante* (al frenar excesos de crédito). Adicionalmente, la autoridad monetaria no tiene que apoyarse demasiado en el único instrumento que tiene para estabilizar el nivel de precios: la tasa de referencia.

REFERENCIAS

- Adrian, T.; Song Shin, H. (2010). "Financial Intermediaries and Monetary Economics", en Friedman, B. M. y Woodford, M. (eds.), *Handbook of Monetary Economics*, vol. 3, cap. 12, pp. 601-650, Amsterdam: Elsevier North-Holland.
- Aikman, D.; Haldene, A. G.; Nelson, B. (2010). "Curbing the Credit Cycle", 8th Annual Conference: Microfoundations for Modern Macroeconomics, 19 de noviembre, Columbia University.
- Amador, J.; Gómez-González, J.; Pabón, A. (2013). Loan Growth and Bank Risk: New Evidence", *Financial Markets and Portfolio Management*, vol. 27, núm. 4, pp. 365-379.
- Bernanke, B.; Gertler, M.; Gilchrist, S. (1999). "The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework", en J. B. Taylor y M. Woodford (eds.), *Handbook of Macroeconomics*, vol. 1C, pp. 1341-1393, Amsterdam: Elsevier North-Holland.
- Carlson, M.; Shan, H.; Warusawitharana, M. (2011). "Capital Ratios and Bank Lending: a Matched Bank Approach", Technical Report, Federal Reserve Board, Washington, D. C.
- Christensen, I.; Dib, A. (2008). "The Financial Accelerator in an Estimated New Keynesian Model", *Review of Economic Dynamics*, vol. 11, núm. 1, pp. 155-178.
- Gambacorta, L.; Mistrulli, P. E. (2004). "Does Bank Capital Affect Lending Behavior?", *Journal of Financial Intermediation*, vol. 13, núm. 4, pp. 436-457.
- Holmstrom, B.; Tirole, J. (1997). "Financial Intermediation, Loanable Funds, and the Real Sector", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 112, núm. 3, pp. 663-691.
- Jiménez, G.; Ongena, S.; Peydró, J.-L.; Saurina, J. (2012). "Macroprudential Policy, Countercyclical Bank Capital Buffers and Credit Supply: Evidence from the Spanish Dynamic Provisioning Experiments", Working Papers, vol. 628, Barcelona Graduate School of Economics.
- Kiyotaki, N.; Moore, J. (1997). "Credit Cycles", *Journal of Political Economy*, vol. 105, núm. 2, pp. 211-248.
- López, M.; Prada, J. D.; Rodríguez, N. (2009). "Evidence for a Financial Accelerator in a Small Open Economy, and Implications for Monetary Policy", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 27, núm. 60, pp. 12-45.
- Mendoza, E. G.; Terrones, M. E. (2008). "An Anatomy of Credit Booms: Evidence from Macro Aggregates and Micro Data", NBER Working Papers, núm. 14049, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Mora, N.; Logan, A. (2012). "Shocks to Bank Capital: Evidence from UK Banks at Home and Away", *Applied Economics*, vol. 44, núm. 9, pp. 1103-1119.
- Morrison, A.; White, L. (2004). "Crises and Capital Requirements in Banking", CEPR Discussion Papers núm. 4364, Centre for Economic Policy Research.
- Rajan, R. G. (1994). "Why Bank Credit Policies Fluctuate: A Theory and Some Evidence", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 109, núm. 2, pp. 399-441.
- Saurina, J.; Jiménez, G. (2006). "Credit Cycles, Credit Risk, and Prudential Regulation", MPRA Paper, núm. 718, University Library of Munich, Germany.
- Shleifer, A.; Vishny, R. W. (2010). "Asset Fire Sales and Credit Easing", *American Economic Review*, vol. 100, núm. 2, pp. 46-50.

ANEXO

1. PROVISIONES INDIVIDUALES EN COLOMBIA: COMPONENTE CONTRACÍCLICO¹

En Colombia el componente contracíclico de las provisiones individuales se calcula de acuerdo con cuatro criterios: calidad, eficiencia, fragilidad y crecimiento de la cartera.

1.1 INDICADORES

Los indicadores se calculan de acuerdo con las siguientes fórmulas:

a) Calidad: variación trimestral real de provisiones individuales de la cartera total B, C, D y E:

$$b) (\Delta ProvInd_{BCDE})_T = \frac{(Provisiones\ individuales\ cartera\ total\ BCDE)_T}{(Provisiones\ individuales\ cartera\ total\ BCDE)_{T-3}} - 1 \quad (2)$$

Este indicador busca reflejar el deterioro de la cartera de las entidades en función no solo de la migración de la cartera “A” a calificaciones de mayor riesgo sino de todas las migraciones posibles de los deudores.

c) Eficiencia: acumulado trimestral de provisiones netas de recuperación (PNR) como porcentaje del ingreso acumulado trimestral por intereses de cartera y *leasing*, el cual se calculará de la siguiente forma:

$$(PNR / IxC)_T = \frac{(PNR\ acumulado\ durante\ el\ trimestre)_T}{(IxC\ acumulado\ durante\ el\ trimestre)_T} \quad 2)$$

Este indicador busca establecer si el gasto en provisiones asociado con el deterioro de los deudores de la entidad consume una parte importante de los ingresos derivados del negocio propio de la colocación de cartera.

d) Fragilidad: acumulado trimestral de provisiones netas de recuperación de cartera de créditos y *leasing* como porcentaje del acumulado trimestral del margen financiero bruto ajustado, el cual se calculará de la siguiente forma:

$$e) (PNR / MFB_{ajustado})_T = \frac{(PNR\ acumulado\ durante\ el\ trimestre)_T}{(MFB_{ajustado}\ acumulado\ durante\ el\ trimestre)_T} \quad (3)$$

Este indicador busca establecer si el gasto en provisiones asociado con el deterioro de los deudores de la entidad consume, además de los ingresos derivados del negocio propio de

1 Departamento de Estabilidad Financiera SMR-BR.

la colocación de cartera, otros ingresos provenientes de otras líneas de negocio de la entidad como inversiones.

d) Crecimiento del crédito: tasa de crecimiento anual real de la cartera bruta (CB), calculada de la siguiente forma:

$$\Delta CB_T = \frac{CB_T}{CB_{T-12}} - 1 \quad (4)$$

La incorporación de este indicador busca evitar que las entidades accedan al componente contracíclico en momentos donde están experimentando un crecimiento de la cartera por encima de los promedios históricos.

1.2 Regla que define la metodología para acumular o liberar de provisiones contracíclicas

Si durante tres meses consecutivos la evaluación de los indicadores muestra que:

$$(\Delta ProvInd_{BCDE})_T \geq 9\% \text{ y } (PNR / IxC)_T \geq 17\% \text{ y}$$

$$\left[(PNR / MFBGFM_{Ajustado})_T \leq 0 \text{ o } (PNR / MFB_{Ajustado})_T \geq 42\% \right] \text{ y } \Delta CB_T < 23\%$$

la entidad deberá calcular las provisiones individuales de cartera, aplicando la metodología desacumulativa; en caso contrario, es decir, si los indicadores mencionados no superan los umbrales definidos, la entidad deberá aplicar la metodología acumulativa para el cálculo de provisiones individuales.

1.2.1 Metodología acumulativa

El componente individual contracíclico se calcula como:

$$CIC_{i,t} = \max \left(CIC_{i,t-1} \times \left(\frac{Exp_{i,t}}{Exp_{i,t-1}} \right); (PE_B - PE_A)_{i,t} \right)$$

Donde $Exp_{i,t}$ corresponde a la exposición de la obligación (i) en el momento del cálculo de la provisión (t). $0 \leq \left(\frac{Exp_{i,t}}{Exp_{i,t-1}} \right) \leq 1$, y si este es mayor que 1 se asume como 1. El término

PE_B es la pérdida esperada utilizando la matriz B de probabilidad de incumplimiento, la cual corresponde a malos tiempos. Similarmente, PE_A es la pérdida esperada utilizando la matriz A, que corresponde a probabilidades de incumplimiento durante buenos tiempos.

1.2.2 Metodología desacumulativa

El componente individual contracíclico se calcula como la diferencia entre el CIC acumulado hasta el periodo anterior y el máximo valor que resulte entre el CIC ajustado por saldo y el factor de desacumulación individual, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$CIC_{i,t} = CIC_{i,t-1} - \max \left\{ FD_{i,t} ; CIC_{i,t-1} \times \left(1 - \frac{Exp_{i,t}}{Exp_{i,t-1}} \right) \right\}$$

El factor de desacumulación, $FD_{i,t}$, está dado por:

$$FD_{i,t} = \left(\frac{CIC_{i,t-1}}{\sum_{activas(t)} CIC_{i,t-1}} \right) \times (40\% \times PNR_{CIP-m})$$

donde, PNR_{CIP-m} : son las provisiones netas de recuperación del mes, asociadas con el componente individual procíclico en la modalidad de cartera respectiva (m).

$\sum_{activas(t)} CIC_{i,t-1}$: es la suma sobre obligaciones activas en el momento del cálculo de la provisión (t) en la modalidad respectiva (m), del saldo de componente individual contracíclico de las mismas en (t - 1).

$FD_{i,t} \geq 0$ $FD_{i,t} \geq 0$, en caso de ser negativo se asume como cero.

Cuando $\frac{Exp_{i,t}}{Exp_{i,t-1}} > 1$ se asume como 1.

El factor de desacumulación representa el “aporte” que cada uno de los deudores realizará para compensar parte del gasto (40% del gasto) en el que incurre la entidad por concepto de provisiones. Este aporte es proporcional al peso que tiene el ahorro de cada deudor en el total ahorrado en el CIC.

2. PUNTUACIÓN DE LA PROPENSIÓN Y EMPAREJAMIENTO (PPE)

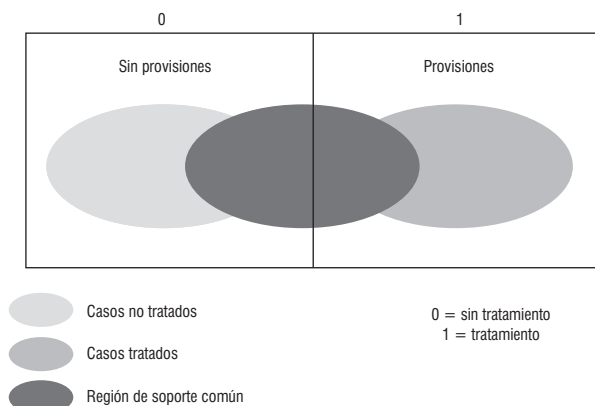
El propósito de esta metodología es reducir el sesgo entre los grupos de tratamiento y control. Para alcanzar el balance entre las observaciones tratadas y las no tratadas se debe asegurar que ambos grupos provienen de distribuciones similares y aquellas observaciones que no están en estas regiones se descartan del análisis.

El procedimiento para estimar el efecto de las provisiones contracíclicas sobre el crecimiento de los préstamos se divide en tres etapas: 1) estimar la puntuación de la propensión PP; 2) escoger un algoritmo para emparejar, de acuerdo con la PP, las unidades no tratadas con las tratadas. Las unidades de estudio se refieren al valor del préstamo que los

bancos desembolsan a las firmas; 3) estimar el impacto de la intervención con la muestra emparejada y calcular los correspondientes errores estándar.

La PP es una probabilidad que provee información acerca de la verosimilitud de que una observación reciba el tratamiento dado un conjunto de variables explicativas. Esta probabilidad condicional es calculada mediante los modelos de elección discreta. El tratamiento en este estudio se refiere al valor de los préstamos localizados en el estado de provisiones contracíclicas (Diagrama A1.1).

Diagrama A2.1
Provisiones contracíclicas



Fuente: cálculos de los autores.

Se utiliza Y_1 y Y_0 para denotar los resultados potenciales para un préstamo en presencia y ausencia del tratamiento, respectivamente. El resultado observado Y para un préstamo será Y_1 si el préstamo está en un estado de provisiones contracíclicas y Y_0 en caso contrario. Sea T el tratamiento de las unidades observadas, entonces $T = 1$ son aquellas con provisiones contracíclicas y X es el conjunto de las variables explicativas.

Así, el resultado observado puede ser escrito como $Y = (1 - T)Y_0 + TY_1$. Cuando una unidad dada es tratada, entonces $T = 1$. Así, el resultado observado para esta unidad es $Y = 0Y_0 + 1Y_1 = Y_1$, lo cual significa que el resultado observado (Y) para los préstamos es igual al resultado potencial (Y_1) en el caso de tratamiento. Por su parte, el resultado potencial en ausencia de tratamiento no es observado y, por tanto, para una unidad tratada, Y_0 es el contrafactual. Similarmente, cuando la unidad no es tratada, $T = 0$, y $1 - T = 1$, por lo cual $Y = Y_0$, en este caso el contrafactual es Y_1 .

Puesto que es imposible devolverse en el tiempo o tener un control perfecto del experimento cuando se tienen datos por observar, la puntuación de la propensión es una forma de aislar este efecto causal. Se asume que la asignación del tratamiento es independiente de los resultados, en términos algebraicos $(Y_0, Y_1) \perp T/X$, lo cual se conoce como el supuesto de ignorabilidad.

Por otro lado, el objetivo básico del emparejamiento es encontrar las unidades de control que son similares a las unidades tratadas. Cabe destacar que el supuesto central en la mayoría de las técnicas de emparejamiento es la independencia entre las unidades de estudio. En un contexto de series de tiempo, este supuesto es bastante fuerte. Así, para reducir este problema, se adapta una técnica desarrollada por Young (2008). Esta separa las observaciones por períodos de acuerdo con la transición al tratamiento o el número de trimestres que se aleja de la fecha en que fue implementado el tratamiento. Posteriormente, se emparejan las observaciones entre cada período, y finalmente se convierte el conjunto de datos de corte transversal en una base de datos de series de tiempo con corte transversal (TSCS).

En el Cuadro A1.1 se presentan los resultados de la reducción del sesgo, utilizando la muestra emparejada. La reducción es importante en la mayoría de las variables y el sesgo total se redujo alrededor del 51,63%. Por lo anterior, se concluye que el balance entre los grupos de tratamiento y control es mejor con la muestra emparejada.

Finalmente, los resultados del efecto del tratamiento sobre la magnitud de los préstamos son presentados en la sección 1.1.3.

Cuadro A2.1

Comparación de las muestras emparejadas y las no emparejadas

Variable	Muestra	Media tratada	Media control	Media diferencia	Reducción sesgo (porcentaje)
Tamaño del banco	No emparejada	0,111	0,082	0,029	57,19
	Emparejada	0,130	0,117	0,012	
Fondos propios	No emparejada	0,040	0,060	0,020	36,83
	Emparejada	0,033	0,030	0,012	
PIB	No emparejada	0,043	0,044	0,001	3,00
	Emparejada	0,030	0,031	0,001	
TIB real	No emparejada	2,572	1,642	0,930	98,72
	Emparejada	3,819	3,807	0,012	
Edad	No emparejada	3,819	3,604	0,215	36,71
	Emparejada	3,894	3,757	0,136	
Riesgo del deudor	No emparejada	0,015	0,010	0,005	77,33
	Emparejada	0,030	0,029	0,001	

Fuente: cálculos de los autores.

4. RIESGO DE CRÉDITO Y TRANSMISIÓN DE LA POLÍTICA MONETARIA EN COLOMBIA

Fernando Tenjo Galarza
Enrique López Enciso
Hector Zárate Solano*

Los bancos desempeñan una función central en la generación de crédito a los hogares y empresas colombianas. Si bien ya existe una buena cantidad de investigaciones dirigidas a examinar el papel que tienen las condiciones financieras en la transmisión de la política monetaria, son muy pocos los avances que consideran conjuntamente el riesgo de crédito y las otras características de los bancos.

En efecto, la mayoría de los trabajos buscan responder si en Colombia existe un canal de crédito en la transmisión de la política monetaria. Un trabajo pionero fue el de Carrasquilla (1997), en el cual se encuentra que para el período 1980-1996 en la transmisión de la política monetaria en Colombia predomina el canal de tasa de interés. Según ese estudio, no existiría evidencia concluyente sobre la existencia del canal de crédito. Huertas *et al.* (2005) se preocupan por la transmisión de los cambios en la tasa de referencia o de política sobre el resto de tasas de interés activas y pasivas de la economía. Para los autores no se observa la sustitución imperfecta entre créditos e inversiones con lo cual, al no poderse validar este supuesto, en Colombia no existiría la transmisión de la política monetaria desde la perspectiva del canal de crédito. En la dirección de examinar la transmisión de tasas de interés se encuentra el trabajo de Betancourt *et al.* (2008 y 2010); sin embargo, los autores tienen claro que este examen comprende solamente una parte del denominado canal de crédito.

Para Gómez y Grosz (2006) en Argentina no se puede afirmar que el crédito bancario constituya un factor amplificador de los efectos de un choque de política monetaria, mientras que en Colombia se puede decir que existe un canal del crédito, reforzado

* Los autores son, en su orden, director del Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (Cemla), investigadora principal y econometrista principal de la Gerencia Técnica del Banco de la República. Sus opiniones no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

por el nivel de capitalización y liquidez de los bancos. Con el fin de respaldar los resultados obtenidos para Colombia, los autores realizan un ejercicio adicional donde encuentran que la razón deuda bancaria / deuda total de las firmas disminuye ante aumentos en la tasa de interés real, siendo las empresas con mayor nivel de apalancamiento las más afectadas por cambios en esa variable, con lo cual se refuerza la evidencia de un canal de crédito bancario en el país.

El trabajo de López *et al.* (2012) se concentra en el examen empírico del llamado canal de toma de riesgo para Colombia, siguiendo la intuición según la cual las tasas de política influyen sobre la capacidad de los agentes para asumir riesgos. Los autores encuentran una relación significativa entre las bajas tasas de interés y la toma de riesgo de los bancos: las bajas tasas de interés en el período examinado incrementan la probabilidad de no pago para los préstamos nuevos y reducen la de los vigentes.

En este trabajo se propone una alternativa complementaria al anterior enfoque y se examina la relación directa entre los cambios en la tasa de política y la oferta de crédito. Se sigue la idea según la cual la dinámica de algunos componentes de los balances de los intermediarios financieros es un indicador de su apetito por riesgo, influenciados por las decisiones de política. Para esto se siguen los trabajos de Altunbas *et al.* (2010) y Kashyap y Stein (2000), quienes se concentran en las consecuencias que sobre el riesgo de crédito de los bancos tiene el proceso reciente de creación de innovaciones financieras, el cual a su vez afecta la transmisión de la política monetaria que se ejecuta en esas condiciones. Esos trabajos insisten en la necesidad de tener en cuenta la heterogeneidad de los bancos y, por consiguiente, sus particularidades microeconómicas.

Con ese enfoque nos aproximamos a la literatura reciente con su énfasis en el papel de los bancos en los mecanismos de transmisión, pero teniendo en cuenta los problemas de riesgo e incentivos que enfrentan los banqueros. Según Borio y Zhu (2008) las innovaciones financieras y los cambios regulatorios relacionados con la capitalización (Basilea II) han fortalecido el impacto de la percepción, cálculo y administración del riesgo por parte de los bancos. Para Rajan (2005) una determinación del riesgo más cercana al mercado fortalece la interacción entre los bancos y los mercados financieros, y con ello las estructuras de incentivos de los bancos. Las relaciones entre la política monetaria y los efectos de estabilidad financiera se hacen más fuertes.

Lo anterior es una consecuencia del proceso de innovación financiera, lo cual incluye el uso de derivados y el nuevo papel de los inversionistas institucionales. Si esto último se ignora, no se puede capturar de manera adecuada la disposición de los bancos a ofrecer préstamos adicionales y a relajar los requerimientos de capital. De hecho, en un contexto de innovación financiera las características de los bancos reducen su importancia como determinantes de su oferta de crédito. El indicador de tamaño, para comenzar, ha dejado de ser un buen indicador de la capacidad de los bancos para otorgar créditos, en la medida en que estos últimos han titularizado muchos de sus activos, con lo cual se reduce su tamaño, medido por los indicadores de su hoja de balance. Por otro lado, también se ha distorsionado la significación estadística de las razones estándar de liquidez. Esto se debe a la habilidad de los bancos para obtener créditos y recursos frescos, junto con nuevos instrumentos para el manejo de la liquidez, lo que ha llevado a que no mantengan un cierto monto de titularizaciones libres de riesgo en el lado activo de su balance. Finalmente, los desarrollos en las prácticas contables y una relación más estrecha con las percepciones

del mercado han enturbiado el poder informativo de la razón capital a activos. Lo anterior ocurrió en la reciente crisis financiera, en la cual se observó que muchos riesgos no fueron adecuadamente capturados en los registros de los bancos. En general, las innovaciones financieras han llevado a que los bancos tengan incentivos para tomar más riesgos.

De esa forma, el principal objetivo de este documento es el uso de diferentes medidas de riesgo de crédito adicionales a las usualmente empleadas para los bancos (tamaño, liquidez, capitalización), con el fin de estudiar el funcionamiento del canal de préstamo de los bancos y su relación con la política monetaria. Las innovaciones financieras hacen que la observación de las características estándar sea inadecuada para una correcta comprensión de la habilidad y capacidad de los bancos para ofrecer préstamos adicionales.

Este trabajo se divide en cuatro secciones, aparte de esta introducción. En la primera sección se presenta el modelo de referencia que tiene en cuenta tanto características de los bancos como variables asociadas con el riesgo. En la segunda se plantea el modelo econométrico para explicar la oferta de crédito de los bancos. Los resultados se discuten en la tercera sección. Finalmente, la última sección concluye.

1. MODELO DE REFERENCIA

Como se recalcó, una parte de la literatura aplicada se esfuerza en precisar el papel de la heterogeneidad de los bancos y sus efectos sobre la oferta de crédito en el nivel microeconómico. Para ello es conveniente utilizar la estructura de datos de panel construida con información proveniente de los balances de los bancos, y de esa forma investigar los determinantes de las fluctuaciones individuales de crédito.

En esa línea de investigación los trabajos pioneros son los de Kashyap y Stein (1995) y Ehrmann *et al.* (2003). Estos estudios muestran el impacto de distintas características de los bancos, tales como su tamaño, capitalización y liquidez, sobre la respuesta diferenciada en la oferta de crédito ante los choques de política monetaria.

A continuación se presenta el modelo de referencia de Ehrmann *et al.* (2003), con la advertencia de que en el enfoque seguido acá el riesgo debe ser considerado junto con las otras características estándar de los bancos (tamaño, capitalización y liquidez) definidas en dicho modelo. Esta consideración resulta esencial cuando se estudia el funcionamiento del canal de préstamos de los bancos, como lo sugieren Altunbas *et al.* (2009b).

De acuerdo con el modelo mencionado, un banco que busca maximizar su beneficio decide un monto óptimo de créditos. La identidad de la hoja de balance del banco i se define como:

$$L_i + S_i = D_i + B_i + C_i \quad (1)$$

donde L_i corresponde al volumen de préstamos del banco i ; S_i a los títulos valores; D_i al volumen de depósitos (asegurados); B_i a los fondos no asegurados, y C_i al capital. El banco i opera en un mercado de préstamos en competencia monopolística. La demanda por los préstamos de un banco L_i^d está dada por:

$$L_i^d = -a_0 r_{L,i} + a_1 y + a_2 p \quad (2)$$

La tasa de préstamo individual del banco es $r_{L,i}$. El producto real agregado se representa por y y el nivel de precios por p . Se supone que todos los coeficientes son positivos: $a_0, a_1, a_2 > 0$.

En este modelo el capital de un banco está relacionado con el nivel de préstamos. Ehrmann *et al.* (2003) argumentan que este supuesto es consistente con los requerimientos de Basilea. El capital del banco se puede representar como:

$$C_i = kL_i \quad (3)$$

Los depósitos están asegurados con el fin de evitar cualquier riesgo de liquidez, pero no pagan ningún interés. Estos son demandados por su papel como medio de pago. A su vez, los títulos valores están asociados con el nivel de depósitos:

$$S_i = sD_i \quad (4)$$

La demanda por depósitos, por otro lado, está relacionada negativamente con la tasa de interés de un activo libre de riesgo r_s , la cual representa la tasa de interés de política. La siguiente ecuación recoge esta relación:

$$D = -b_0 r_s \quad (5)$$

Donde $b_0 > 0$. Dado que los bancos no remuneran los depósitos, no pueden influenciar el monto de estos que tenga un banco individual, D_i . Este monto es exógeno al banco y caerá si la postura de la política monetaria se hace más restrictiva.

Por otro lado, los bancos tienen acceso a una fuente alternativa de fondos, la cual no tiene seguro y por la cual deben pagar un interés. Como los bancos son percibidos como agentes riesgosos, los poseedores de los fondos requieren una prima. La tasa que un banco paga, $r_{B,i}$, corresponde a la tasa libre de riesgo r_s más la prima. Esta última depende de la señal sobre la salud financiera del banco, x_i , observada por los participantes en el mercado. Un x_i más grande corresponde a una prima más baja. La tasa de interés pagada por un banco puede representarse de la siguiente forma:

$$r_{B,i} = r_s (\mu - C_0 x_i) \quad (6)$$

donde $\mu - C_0 x_i \geq 1$, para todo i . El banco i no puede obtener fondos no asegurados si ofrece menos que $r_{B,i}$, mientras que puede obtener cualquier cantidad de fondos si al menos ofrece esa tasa. En consecuencia, el beneficio de un banco i , está dado por:

$$\pi_i = L_i r_{L,i} + S_i r_s - B_i r_{B,i} - \psi_i \quad (7)$$

donde ψ_i captura los costos administrativos específicos de cada banco y los costos de remuneración de las tenencias requeridas de capital, y $r_{L,i}$ corresponde a la tasa de interés que el banco i cobra por sus préstamos. Si se insertan las ecuaciones (1) a (5) y se supone

equilibrio en el mercado de préstamos bancarios, se puede reescribir la ecuación para el beneficio del banco i :

$$\pi_i = L_i \left(-\frac{1}{a_0} L_i + \frac{a_1}{a_0} y + \frac{a_2}{a_0} p \right) + s D_i r_s - \left((1-k) L_i - (1-s) D_i \right) r_{B,i} - \psi_i \quad (8)$$

Si se igualan las condiciones de primer orden a cero, y si se inserta (6), se obtiene:

$$L_i = \frac{a_1}{2} y + \frac{a_2}{2} p - \frac{a_0 \mu (1-k)}{2} r_s + \frac{a_0 c_0 (1-k)}{2} x_i r_s - \frac{a_0}{2} \frac{\partial \psi_i}{\partial L_i} \quad (9)$$

En el enfoque monetario tradicional (*money view*) no existen las asimetrías de información y, en consecuencia, no hay una prima para las fuentes financieras externas. La tasa $r_{B,i}$ es igual a la tasa libre de riesgo r_s para todos los bancos, y entre estos no existe diferencia en la respuesta a la política monetaria.

En este modelo, un endurecimiento de la política monetaria, representado por un incremento en r_s , lleva a una reducción en los depósitos de acuerdo con lo postulado en la ecuación (5). Si un banco incrementa las otras fuentes de fondos (fondos no asegurados), podría no cambiar el lado activo de su balance. Sin embargo, la tasa de interés que el banco tiene que pagar por esos fondos se incrementa como consecuencia del cambio de postura de la política monetaria, de acuerdo con la ecuación (6). Los bancos transfieren una parte del incremento en sus costos a su propia tasa de préstamos, $r_{L,i}$, lo cual, a su vez, reduce la demanda de préstamos. Esto implica un coeficiente negativo para r_s en la ecuación (9).

Los costos en los que debe incurrir un banco para obtener los fondos no asegurados dependerán del grado en que sea afectado por las fricciones de información en los mercados financieros. En el modelo se captura esta implicación por medio del supuesto según el cual los diferentes bancos hacen frente, a su vez, a distintos costos para obtener dichos fondos ($C_0 > 0$). Esta diferenciación podría obligar a algunos bancos a reducir aún más los préstamos otorgados, especialmente a aquellos que enfrentan altos costos para obtener este tipo de fondos, dado el bajo valor de x_i , la variable que refleja su salud financiera. Si la demanda por préstamos es homogénea entre los bancos, sin importar el valor de x_i , una reacción diferenciada a la política monetaria identifica un movimiento en la oferta de préstamos. La existencia de este tipo de reacción se puede captar con el examen del coeficiente del término de interacción, $x_i r_s$, en la ecuación (9):

$$\frac{a_0 c_0 (1-k)}{2}$$

Si el coeficiente es significativamente positivo, los supuestos del modelo llevan a la implicación según la cual la política monetaria afecta la oferta de préstamos. De esa forma, y como lo plantean Ehrmann *et al.* (2003), el supuesto de una reacción homogénea de la demanda de préstamos de los bancos es crucial para identificar los efectos que tiene la política monetaria sobre la oferta de préstamos. Se excluyen los casos en los cuales los clientes de los bancos, sean estos grandes o pequeños, son muy sensibles a los movimientos de la tasa de interés.

2. MODELO ECONÓMETRICO Y DATOS

En un país como Colombia los préstamos bancarios son la principal fuente de recursos para las firmas. Al tiempo, es difícil obtener fuentes sustitutas de recursos si se presenta un endurecimiento de la política monetaria que afecte el costo del crédito. En esas condiciones, el modelo de banco representativo, expuesto en la sección 1 es una aproximación razonable. Altunbas *et al.* (2009a,b) sugieren que, para el propósito de probar si los bancos con distintos niveles de riesgo de crédito actúan de manera diferenciada frente a los choques de política monetaria, se puede diseñar un modelo empírico basado en la ecuación (9), con algunas modificaciones y el cual se presenta en (10).

Un primer comentario general sobre el diseño del modelo hace referencia a la dificultad que existe en los trabajos empíricos para medir los efectos de las condiciones de los bancos sobre los préstamos otorgados, al utilizar datos agregados¹. Esto se debe a que no es fácil diferenciar entre factores de oferta y de demanda en esa clase de datos. Es usual en la literatura abordar ese tipo de problema de identificación suponiendo que cierto tipo de características específicas de los bancos (tamaño, liquidez y capitalización) influyen sobre los préstamos otorgados. Al mismo tiempo, la demanda por préstamos es independiente de las particularidades de cada banco y depende, principalmente, de factores macroeconómicos.

Otro punto muy importante se refiere a que el modelo (10), el cual corresponde a la estructura principal con la cual se va a trabajar, se representa en primeras diferencias y no en niveles, como lo sugiere el modelo teórico. Esto se debe al tipo de hipótesis que se va a probar: los bancos modifican sus préstamos de manera diferenciada frente a los cambios en la política monetaria. Por otro lado, con el propósito de atacar la existencia de un posible sesgo de endogeneidad, las variables que recogen las características de los bancos fueron rezagadas. El modelo empírico básico de referencia es el siguiente:

$$\begin{aligned} \Delta \ln(L_{i,t}) = & \alpha \Delta \ln(L_{i,t-1}) + \sum_{j=0}^k \delta_j \Delta \ln(PIBN_{k,t-j}) + \sum_{j=0}^k \beta_j \Delta i_{M,t-j} + \sum_{j=0}^k \phi_j \Delta i_{M,t-j} EDF_{i,t-1} + \\ & \sum_{j=0}^k \sigma_j \Delta i_{M,t-j} TAM_{i,t-1} + \\ & \sum_{j=0}^k \lambda_j \Delta i_{M,t-j} LIQ_{i,t-1} + \sum_{j=0}^k \chi_j \Delta i_{M,t-j} CAP_{i,t-1} + \kappa TAM_{i,t-1} + \\ & \vartheta LIQ_{i,t-1} + \xi CAP_{i,t-1} + \tau RPA_{i,t-1} + \psi EDF_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (10)$$

con $i = 1, \dots, N$, y $t = 1, \dots, T$, donde N corresponde al número de bancos y T es el año final.

La ecuación (10) representa la idea según la cual la tasa de crecimiento de los préstamos ($\Delta \ln(L)$) de un banco i en el período t depende de tres tipos de determinantes: i) variables macroeconómicas; ii) un grupo de variables que recogen las características de los bancos y que son estándar en la literatura internacional, y iii) variables de riesgo.

1 En el nivel agregado la variable por ser explicada corresponde al crédito otorgado por los bancos que, en otras palabras, es una variable de equilibrio afectada tanto por factores de oferta como de demanda.

Dentro del primer grupo de variables, la introducción del crecimiento del PIB nominal ($\Delta \ln(PIBN)$) busca capturar los movimientos cíclicos de la demanda por crédito. Una mejor situación económica incrementa el número de proyectos rentables en términos de su valor presente neto. La segunda variable macroeconómica corresponde al incremento de la tasa de interés de política (Δi_{Mt-j}). Esta variable se tiene en cuenta en el modelo con el propósito de aislar el componente de política monetaria.

Las características de los bancos utilizadas son las usuales en la literatura: i) tamaño (*TAM*), empleando el logaritmo de los activos totales (Kashyap y Stein, 1995); ii) liquidez (*LIQ*), que es la razón entre activos líquidos y pasivos líquidos (Stein, 1998), y iii) capital (*CAP*), el cual es el logaritmo del patrimonio bancario (Kishan y Opiela, 2000). El tamaño y capitalización son medidas relativas de la salud financiera de un banco y pueden afectar la prima por financiamiento externo. La liquidez posibilita que el banco utilice sus propios recursos en lugar de acudir al mercado y, en consecuencia, evita el incremento en el costo marginal de los fondos después de una contracción monetaria.

La introducción del riesgo de crédito como una característica adicional es la principal innovación de este trabajo. Para medir la exposición al riesgo de los bancos se estiman dos indicadores. El primero hace referencia a una medida *ex post*, calculada como las provisiones que hace el banco sobre el total de los préstamos otorgados (*RPA*). Adicionalmente, se construyó un indicador de riesgo *ex ante* (*EDF*), que corresponde a una medida utilizada por las instituciones financieras para seguir la evolución del riesgo de crédito (ECB 2006, FMI 2006). Para su cálculo, la estimación de impago (*default*) esperada (*EDF*) original requiere datos del mercado financiero, información de los balances de los bancos y archivos con información de quiebras (Moody's KMV). En este documento se estima la *EDF* utilizando los modelos de duración y la función *hazard*. La descripción de los datos se presenta en el Anexo 1 y la construcción de la *EDF* se explica en el Anexo 2.

En términos generales, las diferentes características de los bancos se refieren al período anterior ($t-1$) para evitar la endogeneidad. Adicionalmente, variables que representan las características de los bancos se centraron con respecto a sus respectivos promedios calculados para todos los bancos.

La especificación econométrica también puede incluir interacciones simples entre la variable de política monetaria y las particularidades de los bancos. Asimismo, se incorporaron interacciones entre la variable que recoge el ciclo económico, *PIBN*, y el riesgo; de igual manera se hizo entre la variable *PIBN* y la tasa de intervención. La idea básica para la inclusión del primer grupo de interacciones es capturar no solo los efectos principales que tenga una determinada variable macroeconómica sobre el crecimiento de la cartera, sino también los efectos que sobre esta tengan las combinaciones de situaciones entre ese tipo de variables y las características de los bancos. El segundo grupo de interacciones permite adicionar los efectos que sobre la tasa de crecimiento tiene la relación entre el riesgo y una determinada fase del ciclo, en el primer caso, y el ciclo y la tasa de intervención, en el segundo.

De esa forma, con información individual de los bancos es posible estimar un modelo que permita evaluar para Colombia la hipótesis mencionada. La estrategia empírica utilizada en este artículo está diseñada para comprobar que los bancos con diferentes características y con diversos riesgos en los créditos reaccionan de distinta forma a

los choques de política monetaria. Los modelos se estiman con el método generalizado de momentos (GMM) dinámico, implementado por Arellano y Bond (1991) para datos en panel desbalanceado, el cual asegura la eficiencia y consistencia de los estimadores.

3. RESULTADOS

Los principales resultados del ejercicio se presentan en el Cuadro 1. El modelo de referencia para el análisis corresponde al de la cuarta columna. Un primer aspecto por destacar es la significación estadística de todos los coeficientes analizados. También cabe resaltar que en términos generales los resultados de la estimación son coherentes en relación con los signos esperados de las variables, como se aclara a continuación; no obstante, algunas diferencias observadas se explican principalmente por las diversas mediciones utilizadas para algunas variables de control: específicamente, para la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB) nominal y su interacción con la EDF^2 .

Cuadro 1
Resultados de la regresión

Variables independientes	Riesgo de los bancos y ciclo de negocios (EDF estimado)		Modelo de referencia 2		Modelo de referencia 3	
	<i>Coef.</i>	<i>Sig.</i>	<i>Coef.</i>	<i>Sig.</i>	<i>Coef.</i>	<i>Sig.</i>
ΔL_{t-1}	(0,12497)	***	(0,28979)	***	0,04885	***
$\Delta PIBN_{t-1}$	2,30135	***	3,35192	**	1,41422	***
TAM_{t-1}	0,28762	***	0,48465	***	0,34405	***
LIQ_{t-1}	0,00762	***	(0,13731)	***	(0,02863)	***
CAP_{t-1}	(0,01217)	***	0,15048	***	0,09146	***
EDF_{t-1}	(1,00761)	***	(0,63541)	***	(0,59754)	***
RPA_{t-1}	(0,00165)	***	(0,02251)	***	(0,01628)	***
$\Delta i_{M,t}$	(0,13913)	***	(0,02698)	***	(0,05949)	***
$\Delta i_{M,t-1}$	(0,25911)	***	(0,24093)	***	(0,16269)	***
$\Delta i_{M,t} * EDF_{t-1}$	0,16019	***	(0,11774)		(0,00675)	***
$\Delta i_{M,t} * TAM_{t-1}$	(0,34559)	***	(0,08452)	***	(0,10088)	***
$\Delta i_{M,t} * LIQ_{t-1}$	0,10680		0,18740	***	0,13207	***
$\Delta i_{M,t} * CAP_{t-1}$	(0,48393)		(0,06177)	***	(0,15063)	**
$PIBt * EDF_{t-1}$	(0,20482)	***				
$PIB2t * EDF_{t-1}$			(0,08084)	***		
Constante	0,05553		0,00665		0,02402	
Prueba de Sargam	0,98000		0,95000		0,97000	

Nota: cifras negativas entre paréntesis.

Fuente: cálculos de los autores.

2 Cabe destacar que en este tipo de modelos, en donde se identifican los factores de oferta con las características de los bancos, el sesgo de endogeneidad ocasionado por el problema de variable omitidas, junto con el problema de multicolinealidad entre las variables explicativas, pueden causar este tipo de diferencias. Nuestra estrategia metodológica consistió en escoger el modelo con las mejores propiedades estadísticas de bondad de ajuste.

3.1 PIB nominal

La variable corresponde a la tasa de crecimiento anual del PIB nominal en términos trimestrales y mide los cambios en la actividad económica (Anexo 1). Según el resultado del cuadro, los cambios en la actividad económica tienen un efecto positivo y significativo sobre la demanda de préstamos. Así, un incremento de 1% en el PIB nominal produce un incremento de 1,4% en el crédito de los bancos.

3.2 Tasa de interés

La tasa de interés utilizada en la estimación corresponde a la tasa interbancaria (TIB). En el modelo los choques de política monetaria medidos por esta tasa tienen el signo negativo esperado, lo cual significa que afectan de manera negativa la oferta de crédito. El efecto de la tasa de interés rezagada tiene un mayor impacto sobre esta última, comparado con el de la contemporánea.

3.3 Variables específicas de los bancos

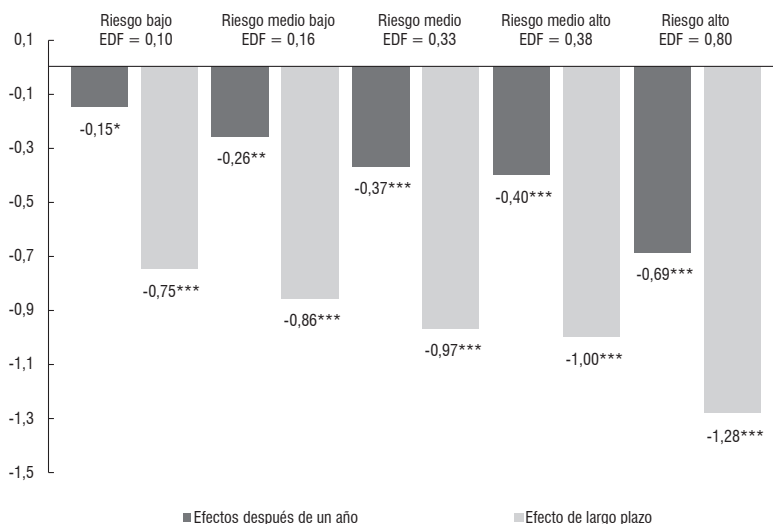
- *Tamaño del banco*: el signo sugiere que el efecto del tamaño es positivo sobre la oferta de crédito. Con bancos más grandes la oferta de crédito aumenta. Los bancos grandes tienen ventajas en los mercados de ahorro e interbancario, y su escala es importante para garantizar un incremento de los préstamos.
- *Liquidez*: en este caso el signo es negativo (un resultado no tan claro), pues sugiere que una mayor liquidez afecta negativamente la oferta de crédito.
- *Capitalización*: en contraste con el caso anterior, los bancos bien capitalizados tienen mayores oportunidades de expandir su portafolio de préstamos.
- *Riesgo*: según los resultados, el riesgo en el portafolio tiene un efecto negativo sobre la capacidad de los bancos para ofrecer crédito. Las dos variables de riesgo, tanto el riesgo *ex post* (RPA) como el *ex ante* (EDF), muestran los signos negativos esperados. El tamaño del coeficiente de esta última variable es mayor, con lo cual su efecto sobre el crédito es más importante. Para Altunbas *et al.* (2009b) este tipo de resultado refleja la “disciplina de mercado” por parte de los bancos, lo cual incluye su capacidad para obtener fondos riesgosos sin seguro (bonos o CDT), aspecto que es más fácil para bancos menos riesgosos, con lo cual pueden absorber futuras pérdidas.
- *La interacción entre la variable de política monetaria y el tamaño de los bancos* muestra que el tamaño de los bancos es importante para ampliar los efectos de la política monetaria. Los bancos pequeños, en particular, reducen más su oferta de crédito que los grandes.
- *Los resultados de la interacción entre la variable de riesgo y la de política monetaria*, construida con los coeficientes obtenidos, se muestra en el Gráfico 1. De ahí se deduce que el efecto sobre la oferta de crédito es mayor (más negativo) a medida que aumenta (disminuye) el riesgo de los bancos. Adicionalmente, el

efecto se acentúa en el largo plazo. Es posible, entonces, obtener estimativos del tamaño de estos efectos para cada una de las posiciones de riesgo de los bancos. Para cada tipo de banco discriminado por riesgo se considera el efecto de corto y largo plazos.

Gráfico 1

Efecto de un incremento del 1% de la tasa de política monetaria sobre la oferta de crédito de los bancos

(puntos porcentuales)



Nota: se evalúa el efecto de un incremento del 1% en la tasa de referencia de corto plazo sobre los préstamos de los bancos, considerando diferentes frecuencias esperadas de default (EDF) estimadas. Los coeficientes son calculados con base en el modelo de referencia del Cuadro 1. Los símbolos *, ** y *** representan niveles de significancia del 10%, 5% y 1%, respectivamente.

Fuente: cálculos de los autores.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se resalta la importancia que tiene el riesgo de crédito para determinar la oferta de crédito de los bancos colombianos. Este resultado es una consecuencia de los cambios recientes en la intermediación financiera, así como en la regulación (Basilea II). El aporte de la investigación está en considerar el riesgo y las características usuales de los bancos como un determinante esencial de la oferta de crédito. Aquellas no serían suficientes para captar adecuadamente la capacidad que tienen los bancos para obtener fondos y otorgar crédito.

Con una muestra trimestral para el período 2002-2013 y construida por bancos individuales, se encuentra que el riesgo desempeña un papel importante para determinar la

oferta crediticia. Los bancos con menor riesgo se protegen mejor ante los choques en la política monetaria y pueden, de esa forma, mantener un relativo buen crecimiento de su oferta de crédito, en la medida en que obtienen buenos resultados y un mejor acceso a fuentes externas de fondeo.

También, hay que destacar, aunque es un resultado común, que el tamaño de los bancos es una característica crucial para amplificar los efectos de la política monetaria. Ante una restricción de esta última los bancos pequeños reducen en mayor proporción su oferta de crédito que los bancos grandes.

REFERENCIAS

- Altunbas, Y.; Gambacorta, L.; Márquez-Ibáñez, D. (2009a). "Securitization and the Bank Lending Channel", *European Economic Review*, vol. 53, núm. 8, noviembre, pp. 996-1009.
- Altunbas, Y.; Gambacorta, L.; Márquez-Ibáñez, D. (2009b). Banco Central Europeo. "Bank Risk and Monetary Policy", working paper series, núm. 1075, julio.
- Altunbas, Y.; Gambacorta, L.; Márquez-Ibáñez, D. (2010). "Does Monetary Policy Affect Bank Risk-taking?", working papers, núm. 298, Banco de Pagos Internacionales.
- Arellano, M.; Bond, S. (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", *The Review of Economic Studies*, núm. 58, pp. 277-297, abril.
- BCE (2006). *Financial Stability Review*, Frankfurt, junio.
- Bernanke, B.; Blinder, A. S. (1988). "Credit, Money and Aggregate Demand", *The American Economic Review*, núm. 78, pp. 435-439.
- Betancourt, R.; Vargas, H.; Rodríguez, N. (2008) "Interest Rate Pass-Through in Colombia: A Micro-banking Perspective", *Cuadernos de Economía*, vol. 45, pp. 29-58.
- Betancourt, R.; Misas, M.; Bonilla, L. (2010). "La transmisión de las tasas de interés en Colombia: un enfoque multivariado de cambio de régimen", en M. Jalil y L. Mahadeva (eds.), *Mecanismos de transmisión de la política monetaria en Colombia*, Banco de la República y Universidad Externado de Colombia.
- Borio, C.; Zhu, H. (2008). "Capital Regulation, Risk-Taking and Monetary Policy: a Missing Link in the Transmission Mechanism?", working papers, núm. 268, Banco de Pagos Internacionales.
- Borio, C.; Furfine, C.; Lowe, P. (2001). "Procyclicality of the Financial System and Financial Stability. Issues and Policy Options", *Papers* núm.1, Banco de Pagos Internacionales.
- Carrasquilla, A. (1997). "Monetary Policy Transmission: The Colombian Case", papers núm.3, Banco de Pagos Internacionales.
- Ehrmann, M.; Gambacorta, L.; Martínez-Pagés, J.; Sevestre, P.; Worms, A. (2001) "Financial Systems and the Role of Banks in Monetary Policy", en Angeloni, I.; Kashyap, A. K.; Mojon, B. (eds.), *Monetary Policy Transmission in the Euro Area*, Cambridge University Press, Cambridge.
- FMI (2006). *Financial Soundness Indicators: Compilation Guide*, Washington.

- Gambacorta, L.; Mistrulli, P. (2004). "Does Bank Capital Affect Lending Behavior?", *Journal of Financial Intermediation*, Elsevier, vol. 13, núm.4, pp. 436-457.
- Gómez, J.; Grosz, F. (2006), "Evidence of Bank Lending Channel for Argentina and Colombia", Borradores de Economía, núm. 396, Banco de la República.
- Huertas, C.; Jalil, M.; Olarte, S.; Romero, J. V. (2005). "Algunas consideraciones sobre el canal del crédito y la transmisión de tasas de interés en Colombia", Borradores de Economía, núm. 351, Banco de la República.
- Kashyap, A. K.; Stein, J. C. (1995). "The Impact of Monetary Policy of Bank Balance Sheets", *Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy*, vol. 42 pp. 151-195.
- Kashyap, A. K.; Stein, J. C. (2000). "What Do a Million Observations on Banks Say About the Transmission of Monetary Policy", *American Economic Review*, vol. 90, núm.3, pp.407-428.
- Kishan, R. P.; Opiela T. P. (2000). "Bank Size, Bank Capital and the Bank Lending Channel", *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 32, núm.1, pp. 121-141.
- López, M.; Tenjo, F.; Zárate, H. (2012). "The Risk-Taking Channel in Colombia Revisited", Borradores de Economía, núm. 690, Banco de la República.
- Ozer-Balli, H.; Sorensen, B. (2010). "Interactions Effects in Econometrics" (mimeo), Houston University.
- Rajan, R (2005). "Has Financial Development Made the World Riskier?", working paper series, núm 11.728, National Bureau of Economic Research.
- Stein, J. C. (1998) "An Adverse-selection Model of Bank Asset and Liability Management with Implications for the Transmission of Monetary Policy", *RAND Journal of Economics*, vol. 29, num. 3 pp. 466-486.
- Shumway, T. (2001). "Forecasting Bankruptcy More Accurately. A Simple Hazard Model". *The Journal of Business*, vol. 74, Issue 1, pp. 101-124.

ANEXO 1

DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

La muestra incluye 24 bancos con información trimestral entre el II trim. 2002 y el III trim. 2012.

Variables del sector financiero

Proviene de los balances reportados por los intermediarios a la Superintendencia Financiera de Colombia.

Préstamos: el valor de todos los créditos locales otorgados por cada banco.

Tamaño: el logaritmo del total de los activos.

Capitalización: logaritmo del patrimonio del banco.

Liquidez: la razón entre los activos líquidos en moneda local y los pasivos líquidos en moneda local.

Variables macroeconómicas

Tasa de interés de política: promedio trimestral de la tasa interbancaria (TIB) a un día, la cual hace referencia a una tasa de interés con la cual los intermediarios financieros se prestan fondos por un día. La TIB es calculada por el Banco de la República con información proveniente de la Superintendencia Financiera de Colombia, utilizando el promedio ponderado por monto de estos préstamos interbancarios.

PIB: variación acumulada anual del producto interno bruto nominal.

Variables de riesgo de crédito de los bancos

RPA, riesgo *ex post*: calculado de acuerdo con la información del formato 341, como la razón entre las provisiones realizadas por el banco frente a los préstamos totales.

EDF: frecuencia esperada de impago (*default*), riesgo *ex ante*, estimado de acuerdo con la metodología del Anexo 2.

Cuadro A1.1
Estadísticas descriptivas

Variable	P10	P25	Mediana	P75	P90	CV
LN (préstamos)	0,03	0,01	0,04	0,06	0,09	69,79
Tasa de interés (porcentaje)	0,60	0,22	0,05	0,38	0,74	88,27
PIB nominal	1,39	1,36	0,38	0,72	0,73	124,93
LN (activos)	20,38	21,63	22,44	23,02	23,77	5,48
LN (patrimonio)	18,35	19,15	20,11	20,84	21,63	5,92
Liquidez (porcentaje)	0,49	0,60	0,73	0,89	1,03	38,26
Capital / activos (porcentaje)	0,08	0,59	2,13	4,73	8,34	136,76
EDF	0,02	0,17	0,29	0,38	0,45	57,53
Provisiones / préstamos (porcentaje)	0,12	0,78	2,29	4,56	7,04	101,74

P: percentil. CV: coeficiente de varianza.

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 2

ESTIMACIÓN DE LA FRECUENCIA DE IMPAGO (*DEFAULT*) ESPERADA (*EDF*)

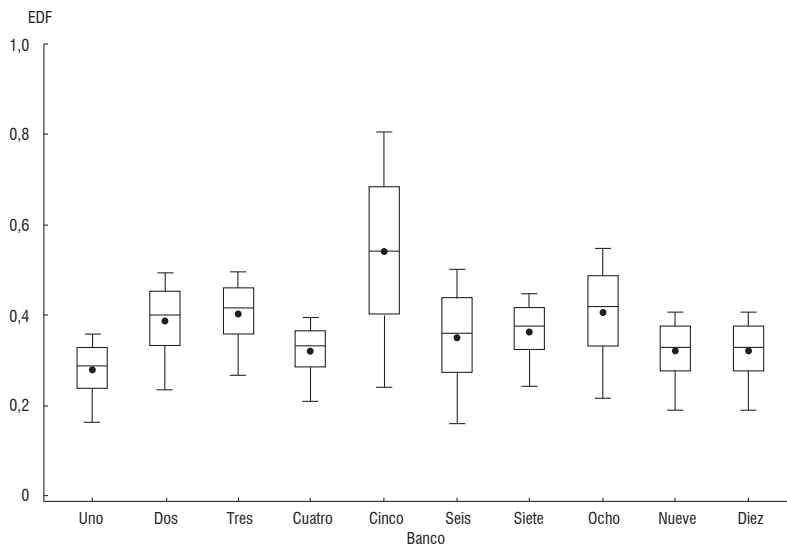
La medición de la *EDF* para cada banco se realizó con los modelos de duración y, específicamente, utilizando la función *hazard* (Shumway, 2001). La variable dependiente en este modelo se refiere al tiempo de duración de un crédito en la zona saludable hasta entrar en mora por un período de tres trimestres consecutivos. Las principales ventajas de esta metodología sobre las utilizadas en los modelos estáticos se resumen así: primero, permiten incorporar toda la información disponible para determinar la *EDF* en cada período. Segundo, la *EDF* cambia a lo largo del tiempo, ya que tiene en cuenta variables del entorno macroeconómico y las características de los bancos, las cuales se transforman con el tiempo. En consecuencia, desde el punto de vista teórico y empírico, los modelos *hazard* son preferibles pues se evita el sesgo de selección, y las estimaciones obtenidas con estos son consistentes.

Para describir el modelo *hazard* se requiere la función de sobrevivencia $S(t, X; \theta)$, que mide la probabilidad de sobrevivir hasta el período t . Por su parte, también es necesaria la función *hazard* $\phi(t, X; \theta)$, que corresponde a la probabilidad de impago (*default*) del crédito en el tiempo t condicional a la supervivencia en el tiempo t . Una descripción detallada se encuentra en López (2012).

La *EDF* obtenida de las funciones *hazard* ponderadas por el monto del crédito para cada banco se puede expresar como:

$$Edf(t) = 1 - Edf(t-1) (1 - \exp^{-hazard(t-1, t)}) + Edf(t-1)$$

Gráfico A2.1
EDF estimada de algunos bancos



Fuente: cálculos de los autores.

5. LAS ENTIDADES FINANCIERAS A LO LARGO DEL CICLO DE NEGOCIOS: ¿ES EL CICLO FINANCIERO SENSIBLE AL CICLO DE NEGOCIOS?

**Fernando Arias Rodríguez
Celina Gaitán Maldonado
Johanna López Velandia***

Desde comienzos de la llamada Revolución Industrial y hasta nuestros días, la naturaleza siempre fluctuante de la economía ha despertado la curiosidad de cientos de académicos. Esto ha permitido desarrollar diversas teorías sobre el denominado ciclo económico, las cuales han tratado siempre de definir la duración y características de los periodos de auge y depresión. Entre los estudios más famosos se pueden mencionar la teoría de los ciclos de muy largo plazo (cincuenta años en promedio y conocidos como los ciclos Kondratieff), los ciclos Juglar (entre ocho y diez años en promedio), y los ciclos de Kitchin (de corta duración: menos de cuarenta meses en promedio).

Joseph Schumpeter ha sido, quizá, uno de los más grandes estudiosos del ciclo económico. Su teoría del empresario y de la destrucción creativa nos da la idea de la constante, inevitable, pero necesaria época de recesión, la cual es fundamental para el posterior progreso de la economía. En esa medida, Schumpeter afirma que los ciclos son endógenos al sistema: estos se generan como consecuencia de una desarmonización entre la expansión de una economía y la infraestructura que la soporta. Durante el desarrollo de su teoría, Schumpeter unificó los conceptos de ciclo de largo, mediano y corto plazos, afirmando que los tres conviven y se influyen entre sí.

Si bien gran parte de la literatura económica se ha dedicado al desempeño de los ciclos en la actividad económica real, actualmente su alcance se ve limitado puesto que en nuestros días el mundo financiero participa de una manera más activa e importante. Even-

* Los autores son, en su orden, profesional especializado del Departamento Técnico y de Información Económica, profesional del Departamento de Inflación y Programación y profesional del Departamento Técnico y de Información Económica del Banco de la República. Los resultados y opiniones son responsabilidad exclusiva de los autores y su contenido no compromete al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Se agradecen los comentarios y sugerencias de Luis Eduardo Arango y Daniel Parra.

tos como la crisis internacional de 2007-2008, que se gestó en el sector financiero y se diseminó por el resto de sectores económicos, son ejemplos de cómo recesiones económicas precedidas por problemas en el sistema financiero pueden causar contracciones más profundas en la economía (Agénor y Pereira da Silva, 2013). Con plena consciencia de lo anterior, ha surgido toda una nueva literatura que aborda este tema, introduciendo diversos enfoques y variables para caracterizar el ciclo financiero. La intención de este documento es aportar a dicha corriente, enfocándonos en el caso colombiano y usando dos estrategias para abordar el problema: primero se calcula el ciclo financiero a partir de las reglas propias del ciclo de negocios y, luego, se hace con una metodología de estimación puramente empírica. De lo anterior se espera obtener herramientas que sirvan para monitorear las fluctuaciones financieras, aprovechando la información contenida en los datos disponibles como complemento para analizar la actividad económica agregada.

Es importante señalar que en la literatura no se encuentra una definición única para el ciclo financiero, pues esta varía según la aproximación metodológica utilizada. En este sentido, el enfoque más empleado para caracterizar la evolución del sector financiero y su relación con la actividad económica real ha sido el análisis de variables asociadas con el desempeño del crédito y el precio de los activos (Borio *et al.*, 2001). Al usarlo se dejan de lado aspectos importantes que, aunque específicos de las entidades financieras, caracterizan de manera más amplia al sector y pueden eventualmente contribuir a detectar potenciales fracturas en la tendencia financiera y la real. De esta manera, y teniendo en cuenta la definición general de ciclo de negocios propuesta por Burns y Mitchell (1946), partiremos de una noción general de ciclo financiero entendida como las fluctuaciones inherentes a un conjunto de indicadores asociados con el desempeño de la intermediación financiera, las cuales pueden estar estrechamente relacionadas con el ciclo de la actividad económica real o ser propias del negocio financiero.

Con el propósito de identificar el ciclo financiero en este estudio se utilizaron las metodologías de índices de difusión Bry-Boschan (1971) y un ejercicio de clasificación que resulta de la aplicación de la técnica *novelty detection* (Schölkopf *et al.*, 2000). Estas se aplicaron a un conjunto de indicadores financieros seleccionados como representativos en la descripción de la actividad financiera, en el marco de la metodología *capital, asset, management, earning and liquidity* (camel). Adicionalmente, se usan estos resultados para realizar una comparación con el ciclo de negocios propuesto por Alfonso *et al.* (2012), en un intento por describir la interrelación que pueden llegar a tener estos dos aspectos de la economía.

Se obtiene como resultado una medida de ciclo financiero que involucra aspectos relacionados tanto con el ciclo de negocios, como con las características propias del sector, las cuales incluyen la toma de decisiones en un escenario de incertidumbre, la búsqueda de ganancias para los accionistas y la reacción frente a choques económicos. Con esto se pretende proveer una herramienta para monitorear el desempeño del sector financiero.

El presente documento consta, además de esta introducción, de la primera sección, donde se revisa la literatura más relevante sobre el tema; la segunda sección describe la selección de indicadores y los ajustes realizados a los datos; finalmente, en el tercer apartado se explica la metodología utilizada, y en las siguientes dos secciones se presentan los resultados y se discuten sobre los hallazgos obtenidos.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Es amplia la literatura que trata sobre los ciclos reales y sus diferentes ramificaciones. No obstante, cuando se abordan los ciclos financieros, los enfoques y aplicaciones son de menor cantidad. A partir de la crisis de 2007-2008, gestada en el mundo financiero, el tema cobró gran importancia, por lo que nuevos y detallados estudios con respecto al tema han aparecido recientemente. En ellos puede apreciarse una diversidad de perspectivas utilizadas, por lo cual resulta imprescindible definir previamente una forma de abordarlo y la información con la que se pretende su caracterización.

En el desarrollo de este estudio se han identificado al menos tres enfoques diferentes para abordar el tema. El primero se basa en modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos (DSGE, por su sigla en inglés), cuyo objetivo es estimar el efecto de choques de oferta, demanda y otros provenientes del mundo financiero, sobre el comportamiento de variables macroeconómicas relevantes. Es el caso de Covas *et al.* (2011), quienes realizaron un acercamiento basado en modelos DSGE, donde el ciclo financiero se aborda por el lado de la demanda de crédito. Su objetivo es formular cómo las fricciones financieras obligan a las empresas a financiar sus procesos productivos mediante deuda y otras fuentes (como la emisión de acciones y otras participaciones de capital). Una de sus principales conclusiones es que la dinamización del mercado de acciones surge cuando existe una fase alta del ciclo real y, a su vez, se presentan fricciones financieras en el mercado de crédito (medida comúnmente asociada con el ciclo financiero). Así, las emisiones a gran escala emergen cuando una fase expansiva de la actividad económica real no coincide con una fase de las mismas características en el ciclo financiero.

Furlanetto *et al.* (2013), usando el mismo enfoque y modelos de vectores autorregresivos (VAR) con restricciones de signo, concluyen algo similar, e incluso van un poco más allá: sostienen que choques financieros pueden regir las fluctuaciones del producto, en la inversión, en el mercado de valores y en los niveles de riesgo del mercado. Además de aceptar la relación entre el ciclo en el sector real y el ciclo financiero, mediante choques en el segundo que afectan al primero, abren la puerta para por lo menos pensar que lo que pasa en el mundo financiero podría liderar lo ocurrido en el sector real. Algo similar se puede encontrar en Christiano *et al.* (2010). Igualmente, Iacoviello (2013) expone esta idea de anticipación del ciclo financiero usando modelos DSGE, donde una fase recesiva se inicia con las pérdidas asumidas por las instituciones financieras y es acentuada por su incapacidad de extender el crédito hacia el sector real de la economía. En este caso, el evento que dispara la fase recesiva es un choque de redistribución de la riqueza, donde los deudores (hipotecarios en este caso) cesan los pagos de sus créditos, lo que conlleva a una contracción del crédito como reacción inmediata del sistema financiero, amplificando el choque inicial hacia la economía real.

Un segundo enfoque abarca el estudio del fenómeno a partir del uso de diferentes técnicas econométricas¹. Mediante su aplicación se ha encontrado evidencia de la asociación entre los ciclos de negocios, los financieros y los monetarios por medio de la evaluación de

1 Entre las que se pueden encontrar, principalmente, modelos VAR, VAR estructurales, Markov *switching*, VAR bayesiano, *probit*, de datos panel y modelos de duración.

un canal de transmisión entre el mundo financiero y el real, y al cual Adrian *et al.* (2010) han denominado como *risk taking channel*². También, se ha evidenciado la existencia de ciclos en la actividad económica real y en el mundo financiero que son recurrentes, definidos por los mismos fundamentales y por idénticos choques (oferta de crédito y choques de demanda, específicamente), aunque la intensidad y magnitud en la que estos ocurren difieren entre uno y otro (Nason y Tallman, 2012). De igual manera, este acercamiento ha servido para encontrar los determinantes de la duración y amplitud del ciclo financiero, entre los que se destacan, tanto factores institucionales y de sus mercados financieros locales, así como medidas de globalización y apertura de la economía. Incluso, cuando una recesión en la actividad real coincide plenamente con una fase similar en el mundo financiero, las crisis suelen ser más largas y pronunciadas que en cualquier otro caso (Claessens *et al.*, 2011a y 2011b).

Un tercer enfoque, que también reside en las aplicaciones empíricas, se basa principalmente en el uso de herramientas, tales como el algoritmo de Bry-Boschan (1971), el índice de concordancia de Harding y Pagan (2002), las correlaciones dinámicas (Croux *et al.*, 2001) y análisis de información contable e indicadores financieros (Adrian *et al.*, 2008). Dentro de este esquema se ha llegado a conclusiones como que los ciclos financieros de corto plazo duran entre tres y cinco años y los de mediano plazo de ocho a dieciocho años, siendo estos últimos los que más parecen importar (Drehmann *et al.*, 2012). Asimismo, si bien los ciclos de negocios y los ciclos financieros sí están relacionados, su sincronía tiende a presentarse más en las fases de recesión que en las de auge (Haavio, 2012), y que variables que se considerarían plenamente como financieras, parecen no estar muy relacionadas con el ciclo de la actividad económica real. Este es el caso de los índices de precios bursátiles³. No obstante, en el largo plazo pareciera que ambos ciclos se rigen por los mismos determinantes (Avouyi-Dovi y Matheron, 2005).

En el desarrollo de los tres enfoques descritos puede encontrarse una gran cantidad de variables utilizadas, muchas de ellas comunes a las diferentes investigaciones, pero algunas otras novedosas o particulares con respecto al tema que se pretende estudiar. Entre las más comunes para caracterizar un ciclo financiero se encontraron las tasas de interés⁴ —incluyendo su estructura a término; junto con distintas medidas de brecha entre ellas—, cartera de créditos, cartera/producto interno bruto (PIB), precios de la vivienda, índices de precios de acciones, índices bursátiles, emisión de acciones, índice de precios de activos, crédito/depósitos, activos/patrimonio, y activos privados de largo plazo/activos públicos.

En conjunto, las variables que se utilizan para caracterizar y analizar un ciclo financiero son de dos tipos: por un lado, son indicadores o agregados macroeconómicos que representan una dimensión de lo que puede denominarse como financiero; por otro, son

2 En esencia, este concepto se asocia con el mecanismo que se dispara cuando existe un cambio de política económica: se genera una transformación en el apetito por riesgo de los intermediarios del mercado, lo que los lleva a mover la curva de oferta de créditos, y con ello la actividad económica agregada.

3 Esto no pasa en los Estados Unidos, donde este mercado es tan profundo, amplio y fundamental que este hallazgo empírico no aplica en lo absoluto.

4 A su vez, dichas tasas de interés van desde tasas de captación y colocación, hasta tasas de los títulos de deuda de los gobiernos, pasando por tasas de retorno a bonos de distinta calificación y tasas del mercado monetario (en Colombia, operaciones repo).

razones financieras y variables extraídas directamente de los estados financieros de las entidades. En este último tipo de variables se encuentran, por ejemplo, los cuarenta indicadores sugeridos por el Fondo Monetario Internacional en su *Guía de compilación de indicadores de solidez financiera* para analizar la calidad y composición de los activos y la exposición a riesgos de las diferentes entidades financieras. Trabajos como los de Kumbirai y Webb (2010), para el caso de Sudáfrica, y Kordogly (2010), para los Estados Unidos, buscan capturar el desempeño de los bancos en aspectos como rentabilidad, liquidez, margen de rendimientos y de costos, cartera, calidad de los activos, entre otros.

Hasta ahora en Colombia los esfuerzos se han concentrado en la construcción de diferentes indicadores financieros con el objetivo de hacerle un profundo seguimiento y de elaborar sistemas de alertas tempranas en el sector. Pineda y Piñeros (2009), por ejemplo, diseñaron el indicador financiero único (IFU) para los establecimientos de crédito mediante varias razones financieras y una metodología de agregación logística. Los autores concluyen que ante choques procedentes del sector real, el indicador es capaz de registrar señales de alerta para las entidades crediticias. Otra forma indirecta de identificar relaciones entre los ciclos de actividad económica y financiera se encuentra en Estrada y Morales (2009), quienes desarrollaron un índice a partir de la metodología de igualdad de varianzas, cuyo objetivo es determinar el nivel de estrés del sistema financiero y cómo este responde a distintas variables macroeconómicas.

Gutiérrez y Saade (2009) analizaron la dinámica del ciclo del riesgo de crédito frente al ciclo económico y *spreads* de tasas de interés, mediante el uso de los estados financieros de las entidades crediticias. Utilizando un enfoque de componentes no observados multivariados, encontraron que el ciclo de crédito y el de negocios están efectivamente relacionados, de manera contracíclica, y que este último es capaz de ayudar a realizar pronósticos de la probabilidad de incumplimiento (*default*). Recientemente, Gómez *et al.* (2013) estimaron los ciclos de crédito y producto y su relación para Colombia, Chile y Perú. Con la ayuda de la teoría de análisis de series en el dominio de frecuencias (filtros, espectros y coespectros), los autores concluyen que los ciclos financieros (cuya *proxy* es la variable de crédito) y los ciclos de producto (cuya *proxy* es el PIB) de corto plazo son los más importantes (un resultado que es diferente al encontrado por Drehmann *et al.*, 2012); igualmente, un ejercicio de causalidad en el sentido de Granger permite concluir que los ciclos financieros anteceden e influyen a los ciclos reales para todos los países estudiados. No obstante, no existe una completa sincronización entre los ciclos, por lo que prevalece siempre un rezago entre la ocurrencia de una fase en uno y otro.

2. SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES FINANCIEROS

Con el fin de seleccionar los indicadores que serían incluidos en la caracterización del ciclo financiero, se tomó como punto de partida la metodología Camel, la cual es ampliamente utilizada para evaluar la solidez financiera de las entidades, cubriendo las siguientes áreas:

- *Calidad de los activos*: los activos son los recursos del sector para asegurar retornos futuros y generar crecimiento. Por consiguiente, la evaluación de su compo-

sición, calidad y protección se convierten en determinantes fundamentales para captar cualquier anomalía. El principal activo de las instituciones financieras es la cartera, de donde derivan gran parte de sus ingresos, razón por la cual se incluyen medidas para evaluar su calidad y el nivel de cubrimiento y así determinar la posibilidad para cubrir los pasivos (depósitos) y la generación de ingresos adicionales (ganancias).

- *Gestión*: la permanencia de las instituciones dentro del sector sin duda depende en gran medida de la forma como estas han sido dirigidas y de las políticas que se hayan implementado a lo largo del tiempo. La administración se convierte en eje fundamental que, de ejecutarse correctamente, permite alcanzar mayores niveles de eficiencia, sostenibilidad y crecimiento. La evaluación de este componente considera indicadores para medir el desempeño de las entidades financieras en términos de sus políticas de administración, grado de eficiencia, y sostenibilidad de su estructura de generación de utilidades.
- *Rentabilidad*: las utilidades reflejan la eficiencia del sector para aumentar el capital y asegurar su continuo crecimiento y constituyen el objetivo final de cualquier institución financiera. Los indicadores asociados con este componente determinan qué tan eficiente es una compañía en el uso de los recursos captados del público y de los inversionistas, y si el retorno proporcionado se halla en un nivel aceptable en comparación con el costo de oportunidad de los recursos.
- *Liquidez*: los indicadores asociados con esta variable permiten evaluar la capacidad de las instituciones financieras para atender sus compromisos en el corto plazo, como por ejemplo las demandas de efectivo de sus clientes. El riesgo de liquidez se origina en los descalces que existen entre los flujos de liquidez de los activos y pasivos, y es inherente a la transformación de plazos que ejecutan las compañías en su labor de intermediación, razón por la cual es indispensable hacer seguimiento a este componente.
- *Estructura del balance*: comprende diferentes medidas de cómo las instituciones del sector distribuyen los recursos propios y los obtenidos en operaciones pasivas, en operaciones activas que les generen ingresos. Con este tipo de indicadores se obtiene información con respecto a la forma como están distribuidos los fondos, la participación que tienen dentro de la empresa las obligaciones exigibles y la responsabilidad de las entidades con esas obligaciones a través de su patrimonio, entre otras.

Esta metodología, que ha sido aplicada por entes reguladores para evaluar las fortalezas y debilidades de las instituciones financieras, se construye a partir de la información de los estados financieros, incluyendo varios indicadores para cada una de las áreas mencionadas. El cálculo individual de las variables del modelo Camel no necesariamente implica un análisis separado, pues el comportamiento de unas variables puede repercutir en otras. Esto se visualiza de manera clara en una situación donde, por ejemplo, una deficiente administración conlleva a una inadecuada composición de activos (préstamos riesgosos, concentración de préstamos, etc.), lo que a su vez erosiona el capital, perjudica la liquidez y termina traducéndose en menores ganancias o en pérdidas. Por esta razón, algunas aplicaciones de esta metodología consideran la calificación y

posterior ponderación de los indicadores para obtener un único indicador que recoja el estado general de cada entidad financiera⁵.

En este caso, se consideraron inicialmente 33 indicadores financieros, que se pueden consultar en el Anexo 1. Se realizó una depuración de los estados financieros mensuales reportados a la Superintendencia Financiera de Colombia (Superfinanciera), antigua Superintendencia Bancaria de Colombia, disponibles desde junio de 1989 hasta julio de 2013 para los establecimientos de crédito⁶. De acuerdo con la clasificación de la Superfinanciera, los establecimientos de crédito se subdividen en: i) bancos privados, ii) corporaciones de ahorro y vivienda, iii) compañías de financiamiento comercial, iv) organismos cooperativos de grado superior, y v) corporaciones financieras.

Debido al gran número de cambios experimentados por este grupo de entidades a lo largo del período analizado, fue necesario realizar el siguiente procedimiento:

Los estados financieros disponibles inicialmente contenían información para 146 entidades, muchas de las cuales se fusionaron, se liquidaron o cambiaron de clasificación a lo largo del tiempo. Uno de los cambios más importantes fue la desaparición de las corporaciones de ahorro y vivienda, que tras la crisis de 1999 se convirtieron en bancos, se fusionaron o fueron liquidadas. Por esta razón, para obtener una muestra homogénea y representativa, se unificaron en el grupo de bancos privados tanto a las entidades que actualmente se encuentran clasificadas allí como a las que se fusionaron con entidades de tal grupo.

En cuanto a los organismos cooperativos, las compañías de financiamiento comercial y las corporaciones financieras, fue necesario eliminarlas debido al constante cambio en la cantidad de este tipo de establecimientos existentes a lo largo del tiempo. La muestra final se compone por 61 entidades clasificadas como bancos privados para todo el período⁷. A pesar de considerar solo dos subdivisiones del total de establecimientos de crédito, estas permiten capturar apropiadamente el comportamiento del sistema financiero colombiano, ya que ellas concentran la mayor proporción de activos⁸.

En términos de las cuentas incluidas en los estados financieros, fue necesario realizar dos ajustes importantes. El primero consistió en anualizar las cuentas del estado de pérdidas y ganancias (P y G), debido a que estas se acumulan en el transcurso de cada año, y en algunos casos de cada semestre o trimestre. Para lograr variables homogéneas en términos del P y G, se calcularon las variaciones mensuales de las cuentas para

5 Esta metodología se sigue, por ejemplo, para elegir las entidades financieras incluidas en el indicador bancario de referencia (IBR). En este caso se consideran diez indicadores, los cuales se califican de 1 a 10, y luego se ponderan para obtener un indicador agregado (véase la *Metodología de selección de entidades financieras que participarán en el esquema del indicador bancario de referencia*, de la Asobancaria, el Ministerio de Hacienda, el Banco de la República y la Superintendencia Financiera, diciembre de 2012).

6 Este grupo de intermediarios financieros tiene como función principal captar recursos del público en depósitos, a la vista o a término, para colocarlos de nuevo mediante préstamos, descuentos, anticipos u otras operaciones activas de crédito.

7 Actualmente existen 22 entidades bancarias.

8 Los bancos comerciales agrupaban el 81,5% del total de activos y el 85,8% de la cartera bruta y *leasing* del sistema financiero a diciembre de 2012.

posteriormente acumular los datos de los últimos doce meses⁹. Por otro lado, y en la medida en que solamente se está considerando la información en moneda nacional¹⁰, se observa una alta volatilidad en el total de activos y pasivos en los últimos tres años, provocada por la forma como se contabilizan las operaciones con instrumentos derivados. Para suavizar este comportamiento, se descontaron las cuentas de estas operaciones, tanto en el activo como en el pasivo, lo cual no modifica el resultado general de los indicadores considerados.

Una vez realizados los ajustes a las entidades y las cuentas incluidas en los estados financieros, se procedió a hacer un cálculo inicial de los indicadores¹¹. Los resultados mostraron que algunos de estos exhiben comportamientos idénticos. Por lo anterior, se excluyeron algunos indicadores sin perder de vista la necesidad de mantener uno o dos que capturen el comportamiento en cada una de las áreas de interés (gestión, rentabilidad, calidad de activos, liquidez, estructura del balance). Así, los indicadores financieros sobre los cuales se concentrarán las secciones posteriores del artículo, son:

1. *Calidad de la administración* =
$$\frac{\text{costos administrativos}}{\text{ingresos financieros} - \text{gastos financieros}}$$
2. *Cubrimiento financiero* =
$$\frac{\text{gastos por intereses}}{\text{ingresos por intereses}}$$
3. *Cartera vencida por altura de mora* =
$$\frac{\text{cartera vencida}}{\text{cartera neta} + \text{provisiones}}$$
4. *Índice cubrimiento de cartera* =
$$\frac{\text{provisiones de la cartera}}{\text{cartera vencida}}$$
5. *ROA (rentabilidad de los activos)* =
$$\frac{\text{utilidad neta}}{\text{activo}}$$
6. *Rentabilidad de los activos productivos II* =
$$\frac{\text{ingresos financieros}}{\text{cartera neta} + \text{provisiones} + \text{inversiones}}$$
7. *Activos productivo respecto al total* =
$$\frac{\text{cartera neta} + \text{provisiones} + \text{inversiones}}{\text{activo total}}$$

9 Este procedimiento equivale a calcular el dato de cada cuenta del P y G como: *valor al mes + valor a diciembre del año anterior - valor al mismo mes del año anterior*. De igual manera, para el caso de los estados financieros que se acumulan semestralmente, las cuentas del P y G se obtienen como: *valor al mes + valor a junio o diciembre anterior - valor al mismo mes del semestre anterior*.

10 Con el propósito de captar las fluctuaciones inherentes a la dinámica interna del sector, evitando contaminar el análisis con desbalances cambiarios y otros efectos que podrían eventualmente distorsionar los resultados, se tuvieron en cuenta solo las operaciones en moneda nacional. No obstante, no deja de ser interesante analizar cómo las sucursales extranjeras y demás operaciones denominadas en otras monedas pueden afectar el estudio aquí propuesto.

11 Las definiciones de los 33 indicadores tenidos en cuenta inicialmente se pueden encontrar en los anexos de este documento.

$$8. \text{ Indicador de liquidez IV} = \frac{\text{disponible}}{\text{depósitos}}$$

$$9. \text{ Indicador de liquidez V} = \frac{\text{disponible} + \text{inversiones}}{\text{captaciones}}$$

$$10. \text{ Estructura del patrimonio III} = \frac{\text{patrimonio}}{\text{activo}}$$

$$11. \text{ Estructura del activo II} = \frac{\text{cartera neta} + \text{provisiones}}{\text{activo}}$$

$$12. \text{ Estructura del pasivo I} = \frac{\text{activo}}{\text{pasivo}}$$

$$13. \text{ Estructura del pasivo VI} = \frac{\text{depósitos de ahorro} + \text{cuentas ahorro uvr}}{\text{depósitos}}$$

Teniendo en cuenta que a lo largo del período de análisis se han presentado fusiones, adquisiciones y liquidaciones de entidades, los indicadores no se calculan por entidad sino para el total de entidades del sistema financiero (agregando los estados financieros de las entidades consideradas, sin aplicar ninguna ponderación).

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se abordará el problema de estimación del ciclo financiero desde dos metodologías diferentes: Bry-Boschan y la clasificación mediante *novelty detection*; adicionalmente, se considera el uso de índices de concordancia para medir el nivel de sincronización del ciclo financiero estimado con el ciclo de negocios.

3.1 Bry-Boschan (1971)¹²

En 1971, y con el objetivo de implementar un algoritmo que fuera capaz de replicar con la mayor precisión los anuncios de la National Bureau of Economic Research (NBER), Gerhard Bry y Charlotte Boschan diseñaron un algoritmo de comparación entre las diferentes observaciones de una serie macroeconómica cualquiera, basado en ciertas reglas: una fase no puede durar menos de seis meses y un ciclo no puede durar menos de quince meses. A partir de dichas reglas se genera una serie de máximos y mínimos locales denominados *puntos de quiebre*, los cuales caracterizan las fases de auge y recesión del ciclo económico.

12 Para efectos de cálculo se trabajó sobre una versión de este algoritmo propuesta por Monch y Uhlig (2004) en MatLab.

La metodología puede resumirse en los siguientes pasos:

1. A partir de la serie desestacionalizada, con varianza estabilizada (transformaciones como logaritmo, entre otras) y valores extremos determinados y reemplazados¹³, se aplica un promedio móvil de orden 12. Se aplican luego los siguientes procedimientos:
 - i. Se escogen los puntos más altos (bajos) en una vecindad de +/- cinco meses al dato analizado.
 - ii. Se impone la restricción que a cada máximo (pico) local le siga un mínimo local (valle) y viceversa. Si existen varios picos (valles) se selecciona el más grande (pequeño) de todos.
2. Usando ahora una curva de Spencer¹⁴ para suavizar, y con los valores extremos reemplazados, se aplican directamente las dos reglas que son el núcleo de la metodología: se seleccionan los máximos (mínimos) en una vecindad de +/- cinco meses y se restringe a que la duración *mínima* de un ciclo sea de quince meses.
3. Se determinan los puntos de quiebre correspondientes a promedios móviles de corto plazo¹⁵, determinados por los meses de *dominancia* cíclica (MDC)¹⁶.
4. Determinación de los puntos de quiebre en la serie original. Aquí se utilizan las siguientes reglas:
 - i. Eliminación de los ciclos menores a quince meses.
 - ii. Eliminación de las fases menores a cinco meses.
 - iii. Eliminación de los picos y valles muy cercanos al comienzo o final de la serie.
 - iv. Identificación de los puntos más altos (bajos) en una ventana de +/- cuatro meses, o lo que diga el criterio de MDC.
5. Obtención de los puntos de quiebre finales.

Desde su creación, este algoritmo ha sido usado ampliamente como una forma de proponer cronologías de ciclos de corto plazo en series reales y financieras —véase, por ejemplo, Drehman *et al.* (2012); Haavio (2012); Alfonso *et al.* (2012); Claessens *et al.* (2011); Avouyi-Dovi *et al.* (2012)—. Adicionalmente, sus resultados pueden combinarse con distintas metodologías para construir índices de fluctuaciones económicas, medidas

13 El criterio de remplazo es el siguiente: a partir de la estimación de una tendencia con la curva de Spencer, se comparan los datos originales con esta; si el *ratio* excede en 3,5 desviaciones estándar el valor medio de dicho *ratio*, la observación es considerada como un dato atípico; esto conlleva a su remplazo por el valor encontrado en la tendencia para el mismo período.

14 Una curva de Spencer es un promedio ponderado de orden 15, donde a las observaciones se le aplican las siguientes ponderaciones: [-3; -6; -5; 3; 21; 46; 67; 74; 67; 46; 21; 3; -5; -6; -3]/320.

15 Generalmente son de tres a seis meses.

16 El criterio de MDC es una medida para inferir el nivel de suavizamiento que se alcanza en el procedimiento.

de sincronización y comovimientos entre series, e inclusive servir como insumo para metodologías que permitan predecir los destinos de los ciclos de corto plazo de las distintas medidas de actividad económica y financiera.

En este caso, el algoritmo será usado para construir, a partir de los trece indicadores propuestos, un índice de difusión acumulado (IDA) que permita extraer una medida cronológica de los ciclos financieros. Este indicador surge a partir de los denominados índices de difusión, que miden en cada momento del tiempo “qué tan generalizada es la expansión o contracción de la actividad económica calculando la diferencia entre la proporción de variables que se expanden y las que se contraen”¹⁷ (Alfonso *et al.*, 2012). Así, la acumulación de cada valor da como resultado el IDA, medida que captura como máximo o mínimo local los puntos en donde el porcentaje de series que crecen es igual al de series que caen¹⁸.

3.2 Novelty detection

De forma alternativa, y en un intento de ofrecer una respuesta a cómo se comportaría el ciclo financiero si no se sometiera a las reglas reservadas en principio para los ciclos de negocios, se implementará un ejercicio conocido como *novelty detection*. Esta metodología hace parte del dominio del *support vector machine*, que es una técnica orientada a desarrollar algoritmos con la capacidad de aprender a partir de los datos, y en la cual existen dos enfoques diferentes, uno mucho más explorado que el otro: el aprendizaje supervisado y el aprendizaje no supervisado. El algoritmo utilizado aquí se circunscribe en la segunda categoría y su objetivo es, en términos formales, “proponer un algoritmo que calcule una función binaria la cual, se supone, captura regiones del espacio de entrada (el conjunto de datos original) donde yace su función de densidad de probabilidad (donde se soporta), es decir, una función en la cual, para valores distintos de cero, la mayoría de los datos se alojarán” (Schölkopf *et al.*, 2000).

Así, en la búsqueda de los puntos de quiebre del ciclo financiero bajo esta técnica, se hace necesario usar un único supuesto fundamental: la generalidad es que el conjunto de indicadores financieros esté en auge, mientras que las épocas de recesión surgen como episodios que tienen una naturaleza y características particulares que las hacen plenamente diferenciables de los auges. Con tal supuesto, el algoritmo presentado es capaz de diferenciar las recesiones del estado natural definido como auge. Las ventajas de este acercamiento con respecto al algoritmo de Bry-Boschan son, en principio, interesantes: no es necesario suponer duraciones mínimas de las fases y el ciclo en general, pues son los datos quienes dan esa información; además, el algoritmo tiene la propiedad de realizar la búsqueda en esquemas tanto lineales como no lineales.

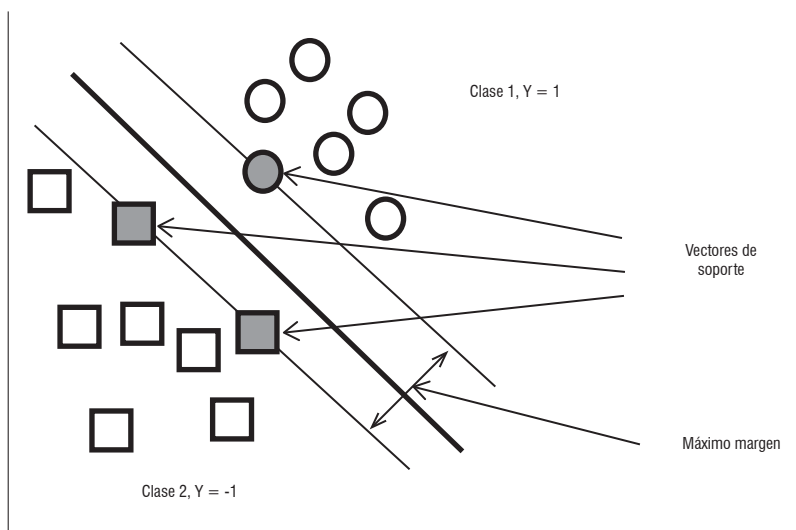
17 De esta definición se puede inferir que cuando el porcentaje de series en expansión supera al de series en recesión, se dice que la economía está en auge; cuando se está en el caso contrario existe una recesión; cuando son iguales, se está ante un punto de quiebre.

18 En Alfonso *et al.* (2012) se puede encontrar una completa explicación de ambos indicadores, su interacción y construcción.

En resumen, la estrategia es “mapear” la información en el espacio característico derivado, es decir, encontrar patrones acordes con alguno de los dos estados propuestos (estado natural y “diferente al natural”) mediante proyecciones geométricas de los datos en un espacio generado por estos, a partir del uso de diferentes *kernels*¹⁹, ²⁰ y separarla del origen con “máximo margen”²¹ (Schölkopf *et al.*, 2000). Así, para cada punto que pertenece al conjunto de información, el valor de la función de densidad de probabilidad $f()$ se determina evaluando en qué lado del hiperplano separador asociado al espacio característico debe quedar este²².

En el espacio generado por los datos (dos variables en este caso, las cuales generan un plano en $\mathbb{R}^2$) se busca identificar los dos estados o clases que exhibe el conjunto de información. Los *vectores de soporte* son los puntos que permiten realizar la identificación, mientras que la línea gruesa negra es el *hiperplano separador*. El criterio de *máximo margen* garantiza una óptima separación (Diagrama 1).

Diagrama 1
Ejemplo clasificación mediante *support vector machine* (caso lineal)



Fuente: elaboración de los autores.

19 Corresponden a funciones que permiten realizar la proyección, optimización y clasificación de los dos estados, sin necesidad de un mapeo completo de los datos en el espacio que estos generan.

20 La justificación del uso de *kernels* viene del hecho de lidiar permanentemente con la *maldición de la dimensionalidad*. Así, cada nueva variable que se introduce en el modelo es una nueva dimensión para tener en cuenta y, a su vez, corresponde a un reajuste de los procedimientos de optimización y “mapeo” de los datos en el nuevo espacio, lo cual es computacionalmente demandante y agota los grados de libertad disponibles.

21 El “máximo margen” es un criterio que garantiza que la separación sea realmente óptima.

22 Una explicación más formal puede encontrarse en el Anexo 3 de este documento.

3.3 Índices de concordancia

Basados en los resultados anteriores, se hallará un índice de concordancia con la metodología propuesta por Harding y Pagan (2002) entre el ciclo financiero estimado y el ciclo de negocios propuesto por Alfonso *et al.* (2012). La idea principal es cuantificar la fracción de tiempo en la que dos series se encuentran en el mismo estado o fase, para determinar si existe una relación sistemática o comovimiento entre los dos ciclos. Para ello, tomando los puntos de quiebre identificados como picos y valles, se construye una variable binaria $S_{y,t}$ que toma valor de 1 cuando el ciclo se encuentra en fase expansiva y 0 cuando la fase es contractiva.

De esta manera, el índice de concordancia (IC) entre las variables j y r se calcula como:

$$IC_{j,r} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [S_{j,t}S_{r,t} + (1 - S_{j,t})(1 - S_{r,t})]$$

El índice permite concluir si las variables financieras consideradas se pueden calificar como procíclicas si el índice es igual a 1, o contracíclicas si es igual a cero. Así, el índice de concordancia permite realizar este análisis sin la necesidad de aplicar filtros sobre las series, dado que tiene la ventaja de estar bien definido, aun cuando se trabaja con series integradas. Al igual que la metodología de Bry-Boschan, el índice de concordancia es una medida no paramétrica.

Como medida de referencia, se calcula un índice de concordancia bajo la idea hipotética de que los ciclos son independientes. Siguiendo a Haavio (2012), si la fase del ciclo financiero es independiente de la fase del ciclo de negocios, el índice de concordancia podrá calcularse como la probabilidad incondicional de que la actividad económica de un país esté en recesión por la probabilidad incondicional de que el ciclo financiero lo esté más el producto de los complementos de estas probabilidades incondicionales. Esto es,

$$IC_{nc} = \left(\frac{\sum_{t=1}^T S_{j,t}}{T} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^T S_{r,t}}{T} \right) + \left(1 - \frac{\sum_{t=1}^T S_{j,t}}{T} \right) \left(1 - \frac{\sum_{t=1}^T S_{r,t}}{T} \right)$$

Sumado a lo anterior, se calcula un índice de concordancia a partir de rezagos y adelantos de la serie del ciclo financiero, lo cual sugiere la idea de si la fase de un ciclo en un momento t está relacionada con una fase anterior o posterior en otro ciclo o variable. Asimismo, se explora la posibilidad de que la interacción entre el ciclo de negocios y el financiero sea más fuerte, dependiendo de la fase en la que se encuentren, por lo que se considera otra de las medidas propuestas en Haavio (2012) y que corresponde al cálculo del índice de concordancia condicionado a una expansión o contracción del ciclo de negocios. Esta medida es igual a la probabilidad condicional de que el ciclo financiero se encuentre en una fase expansiva (recesiva) dada una expansión (contracción) de la actividad real.

4. RESULTADOS

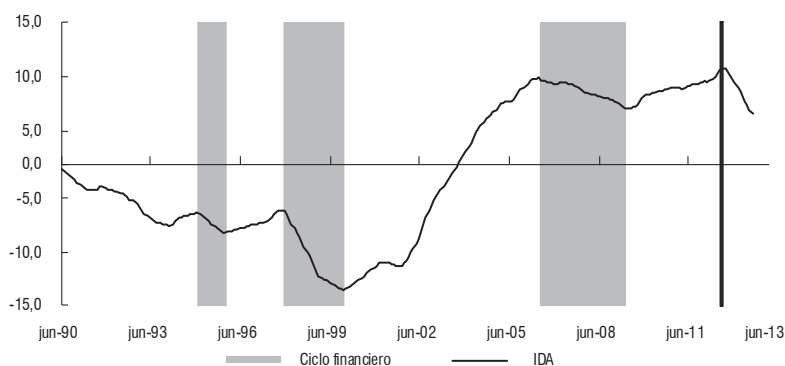
Utilizando los trece indicadores financieros seleccionados se calculó el IDA, a partir del cual es posible caracterizar un ciclo financiero para las entidades bancarias. De acuerdo con la metodología del IDA y Bry-Boschan, se encontró que desde junio de 1990²³ hasta julio de 2013 se presentaron en total tres ciclos completos (de pico a pico). La duración calculada del ciclo identificado es aproximadamente de 5,9 años, con fases de expansión que duran en promedio 3,1 años y contracciones promedio de 2,0 años (Cuadro 1). Ello quiere decir que, así como en los ciclos de negocios, las expansiones tienden a ser más duraderas que las recesiones. En el Gráfico 1, los períodos de auge se identifican como aquellos meses en los cuales el IDA aumenta, mientras que los períodos de contracción se observan cuando el índice disminuye (área sombreada en gris).

Cuadro 1
Cronología del ciclo financiero (para trece indicadores financieros)

Puntos de quiebre			Duración (en años)			
Pico	Valle	Pico	Ciclo (pico a pico)	Expansión	Contracción	Ciclo (valle a valle)
	ene-94	dic-94		0,9		
dic-94	nov-95	oct-97	2,8	1,9	0,9	1,8
oct-97	nov-99	may-06	8,6	6,5	2,1	4,0
may-06	abr-09	jul-12	6,2	3,3	2,9	9,4
	Promedio		5,9	3,1	2,0	5,1

Fuente: cálculos de los autores

Gráfico 1
Índice de difusión acumulado

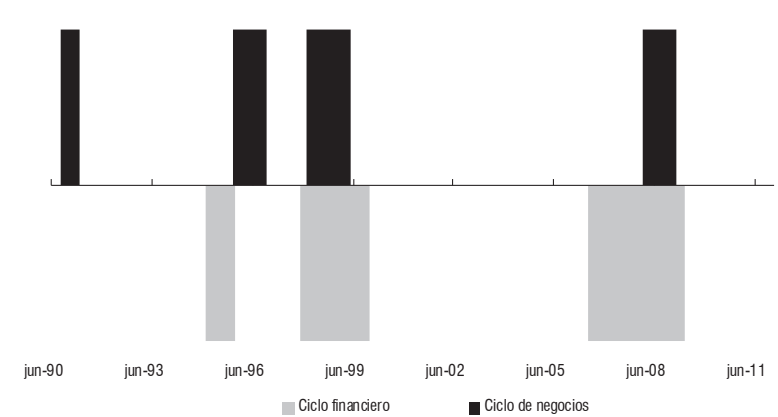


Fuente: cálculos de los autores.

23 Se perdió un año de muestra con respecto a lo disponible inicialmente, debido al tratamiento de anualización del P y G.

Adicionalmente, la comparación de los ciclos sugiere que las fases de expansión (recesión) del ciclo financiero tienden a ocurrir en una vecindad de tiempo cercana a la ocurrencia de una expansión (recesión) del ciclo de negocios (Gráfico 2). De hecho, durante el período analizado, el inicio de la fase recesiva del ciclo financiero antecede las contracciones en el ciclo de negocios. No obstante, las duraciones de unas y otras fases tienden a diferir; en particular, son los ciclos de negocios los que tienen fases de expansión más amplias y fases de contracción más cortas que los ciclos financieros (cuadros 1 y 2).

Gráfico 2
Fases del ciclo de negocios según Alfonso *et al.* (2012) frente al ciclo financiero (Bry-Boschan)



Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro 2
Cronología del ciclo de negocios según Alfonso *et al.* (2012)

Puntos de quiebre				Duración (en años)		
Pico	Valle	Pico	Ciclo (pico a pico)	Expansión	Contracción	Ciclo (valle a valle)
dic-80	jul-83	ago-90	9,7	7,1	2,6	
ago-90	mar-91	oct-95	5,2	4,6	0,6	7,7
oct-95	oct-96	dic-97	2,2	1,2	1,0	5,6
dic-97	abr-99	ene-08	10,1	8,8	1,3	2,5
ene-08	ene-09	n.d.	n.d.	n.d.	1,0	9,8
Promedio			6,8	5,4	1,3	6,4

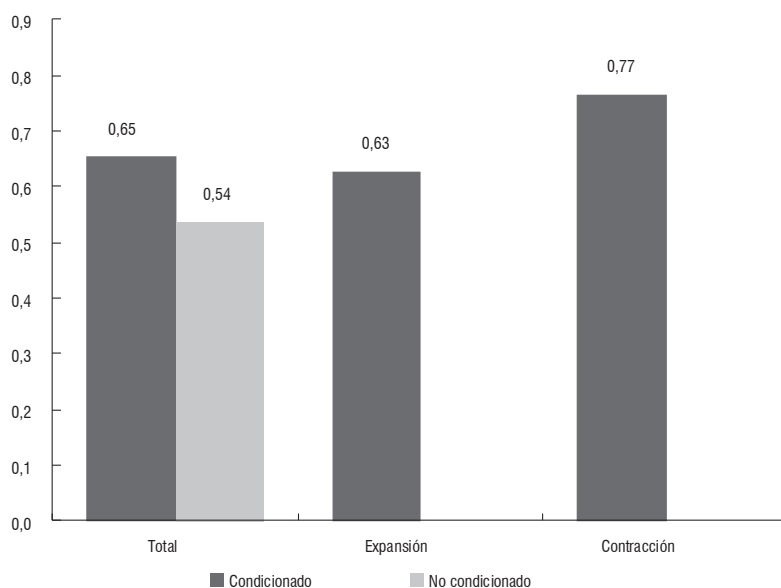
n.d.: no disponible.

Fuente: cálculos de los autores.

La relación entre los dos ciclos puede ser evaluada mediante el índice de concordancia propuesto por Harding y Pagan (2002) y Haavio (2012), como una manera más formal de medir el grado de asociación entre dos medidas de ciclo²⁴. Al calcular este índice se encuentra que, asumiendo que las dos variables son independientes (índice no condicionado), el 54% del tiempo dichos ciclos se encuentran en la misma fase; si se calcula el índice condicionado, este valor sube hasta 65%. Adicionalmente, la concordancia condicionada para cada una de las fases muestra que en el 63% del tiempo los dos ciclos están en expansión y 77% del tiempo en recesión, simultáneamente.

Como una manera de evaluar si el ciclo financiero lidera al ciclo de negocios se calcula el índice de concordancia a partir de rezagos y adelantos del primero frente al segundo contemporáneo (Gráfico 3). Dicho ejercicio muestra que, a lo largo del ciclo, la concordancia no varía significativamente. Al analizar cada fase, los resultados para el período de expansión no presentan cambios importantes, mientras que para la fase de contracción se observa un mayor grado de asociación hasta los primeros doce rezagos del ciclo financiero.

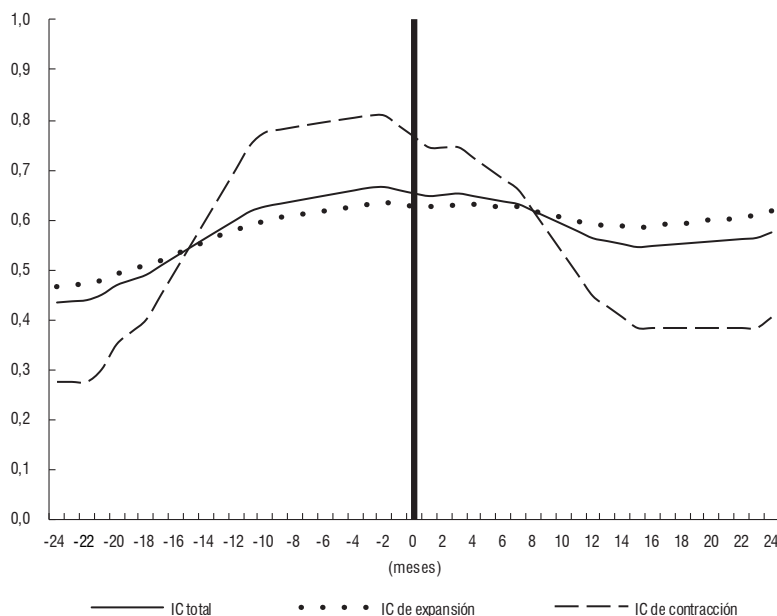
Gráfico 3
Índice de concordancia del ciclo financiero y del ciclo de negocio



Fuente: cálculos de los autores.

24 En el Anexo 2 se muestra un análisis descriptivo de la relación de cada uno de los indicadores financieros seleccionados con el crecimiento real del producto interno bruto.

Gráfico 4
Índice de concordancia (IC) no condicionado



Fuente: cálculos de los autores.

Abordando la segunda metodología, la estimación del ciclo financiero obtenida a partir de un *kernel* lineal identifica ciclos que duran en promedio 5,0 años, con expansiones de 2,8 años y contracciones de 2,3 años en promedio. Lo anterior refleja una mayor simetría de las fases obtenidas, comparado con lo observado al aplicar el algoritmo Bry-Boschan y el IDA. Sustituyendo el *kernel* lineal por uno gaussiano²⁵, la duración del ciclo financiero es aproximadamente de 6,7 años. Las expansiones duran 5,6 años y las contracciones 1,0 año, en promedio (Cuadro 3).

Comparando los resultados obtenidos a partir del *novelty detection* con el uso de un *kernel* lineal y la medida del ciclo de negocios, se obtiene que toda fase de recesión en la actividad económica se acompaña de una recesión en el ciclo financiero, a pesar de que una fase de recesión financiera cubre todo un ciclo en su contraparte real (de noviembre de 1994 a junio de 2000) y que existen dos fases de recesión en el ciclo financiero que no tienen contraparte en el ciclo de negocios (Gráfico 5). Por su parte, bajo la aplicación de un *kernel* gaussiano la única fase de contracción común en las dos medidas de ciclo es la asociada con la crisis de finales de los años noventa.

²⁵ También se probó con un *kernel* no lineal alternativo (Bessel). Los resultados no son muy diferentes a los hallados con el *kernel* gaussiano. No obstante, y con fines ilustrativos, los resultados de este ejercicio se muestran en el Anexo 4.

Cuadro 3
Ciclo financiero bajo novelty detection

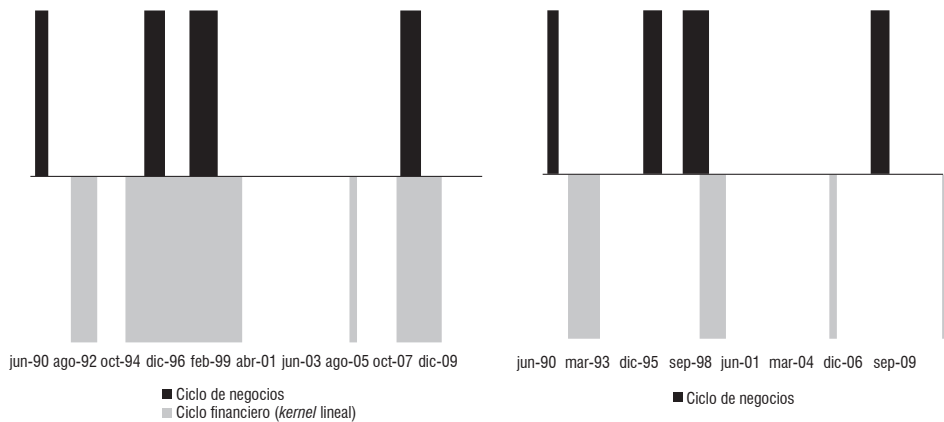
Ciclo financiero (kernel lineal)						
Puntos de quiebre			Duración (en años)			
Pico	Valle	Pico	Ciclo (pico a pico)	Expansión	Contracción	Ciclo (valle a valle)
abr-92	jul-93	nov-94	2,6	1,3	1,3	n.d.
nov-94	jun-00	ago-05	10,8	5,2	5,6	6,9
ago-05	dic-05	nov-07	2,3	1,9	0,3	5,5
nov-07	dic-09	sep-12	4,8	2,8	2,1	4,0
Promedio			5,1	2,8	2,3	5,5

Ciclo financiero (kernel gaussiano)						
Puntos de quiebre			Duración (en años)			
Pico	Valle	Pico	Ciclo (pico a pico)	Expansión	Contracción	Ciclo (valle a valle)
oct-91	jun-93	nov-98	7,1	5,4	1,7	n.d.
nov-98	mar-00	oct-05	6,9	5,6	1,3	6,8
oct-05	mar-06	nov-11	6,1	5,7	0,4	6,0
nov-11	ago-12		n.d.	n.d.	0,8	6,4
Promedio			6,7	5,6	1,0	6,4

n.d.: no disponible.

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 5
Fases del ciclo de negocios según Alfonso *et al.* (2012) frente al ciclo financiero (novelty detection)

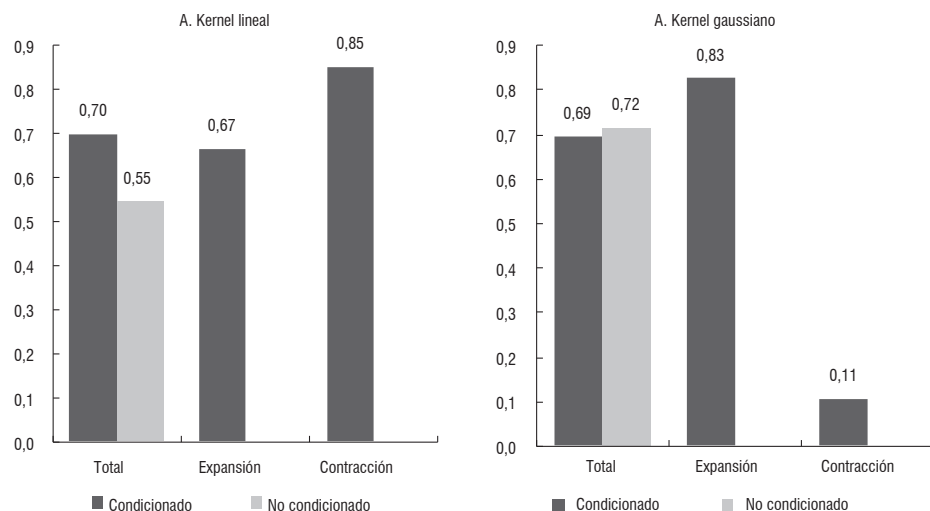


Fuente: cálculos de los autores.

Haciendo uso nuevamente de las medidas propuestas por Harding y Pagan (2002) y Haavio (2012) para cada uno de los resultados hallados, tanto con el *kernel* lineal como el *kernel* gaussiano, el índice de concordancia no condicionado muestra que los ciclos comueven en un 55% y 72%, respectivamente. De forma condicionada, estos valores cambian a 70% y 69%. Al analizarlo por fases, las expansiones comueven un 67% y 83% y las recesiones 85% y 11% (Gráfico 6). Este último valor manifiesta el hecho de que el indicador del ciclo hallado mediante el *kernel* gaussiano tiene fases de recesión más cortas y que se presentan generalmente después de la ocurrencia de una recesión en el ciclo de negocios.

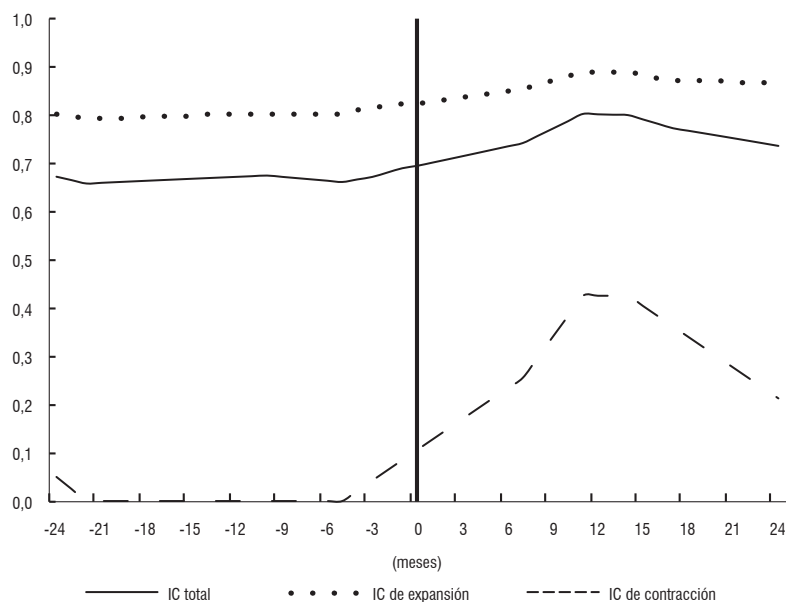
Gráfico 6

Índice de concordancia del ciclo financiero (*novelty detection*) y del ciclo de negocios



Fuente: cálculos de los autores.

Lo anterior se confirma con los resultados obtenidos en el cálculo del índice de concordancia a partir de rezagos y adelantos del primero frente al segundo contemporáneo (Gráfico 7). De hecho, la mayor coincidencia en las fases de contracción entre los dos ciclos es cuando el de negocios antecede al financiero entre doce y catorce meses. Así, el resultado de la concordancia entre los dos indicadores se da en las fases de expansión.

Gráfico 7**Índice de concordancia del ciclo de negocios y el ciclo financiero (*kernel* gaussiano)**

Fuente: cálculos de los autores.

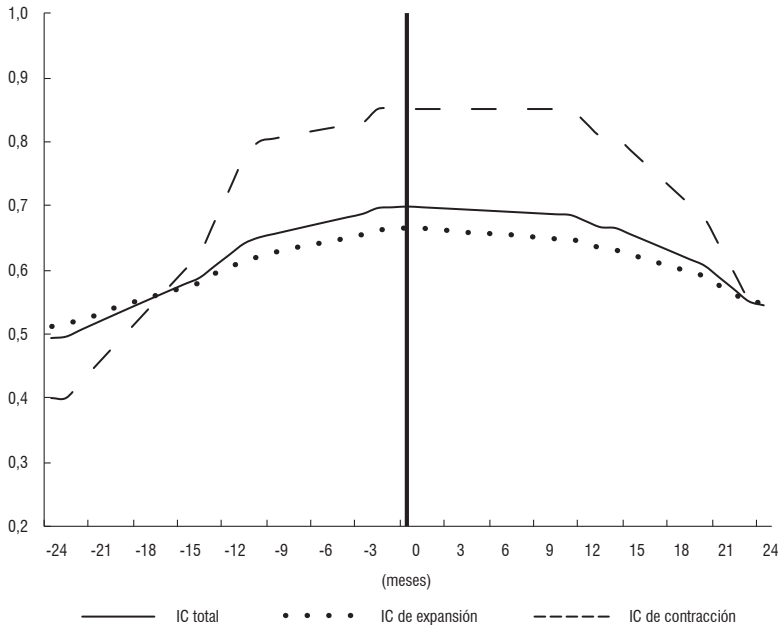
Como se observa en el Gráfico 8, el mismo ejercicio, pero aplicado al indicador del ciclo financiero estimado bajo un *kernel* lineal, muestra que la concordancia tanto para el ciclo completo como para sus fases de expansión resultan similares, mientras que la asociada con sus recesiones resulta ser más alta. Esto permite inferir que los resultados obtenidos con esta metodología son similares a los encontrados cuando se utiliza el índice de difusión y el algoritmo de Bry-Boschan.

Las tres medidas de ciclo financiero presentadas en este documento comparten ciertas características: todas evidencian la crisis de 1999, una de las más fuertes de la historia del país, así como la destorcida de 2006 y el pico presentado hacia el final de la muestra; los períodos de expansión en términos generales tienden a ser comunes (pese a ciertas irregularidades presentes en el ciclo extraído con el *kernel* lineal). No obstante, existen diferencias en las fechas de ocurrencia de los puntos de quiebre y en la cantidad de expansiones y recesiones que se detectan, las cuales podrían indicar que, independientemente de la metodología —sea un esquema de reglas básicas de caracterización del ciclo o sea una metodología estadístico-econométrica—, siempre es indispensable definir *ex ante*, ya sea una regla o una forma funcional, para abordar el ciclo.

Al comparar los anteriores resultados con el ciclo financiero identificado a partir de Bry-Boschan, se obtiene que las duraciones calculadas a partir del *kernel* lineal tienden a ser parecidas, mientras que con el *kernel* gaussiano se obtienen ciclos más amplios con expansiones más duraderas y recesiones más cortas (Gráfico 9). Así, cuando se abandona

Gráfico 8

Índice de concordancia del ciclo de negocios y el ciclo financiero (*kernel* lineal)



Fuente: cálculos de los autores.

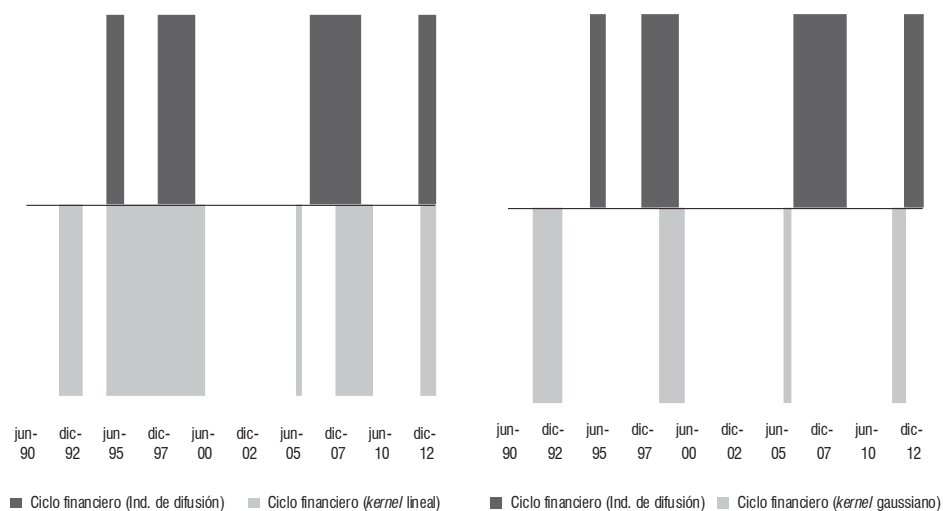
el esquema de reglas a la Bry-Boschan, la medida que la sustituye entra a desempeñar un papel preponderante: en este caso se adoptó la metodología de *novelty detection*, donde la elección de la función determinante es clave. Cuando se escogió un *kernel* lineal, los resultados tienden a parecerse más a los arrojados por Bry-Boschan. Al cambiar por un *kernel* que sea robusto a no linealidades en los datos, los resultados tienden a ser algo diferentes. De acuerdo a lo anterior, podría inferirse que se marcan épocas de auge y recesión independientemente de la metodología utilizada. No obstante, su duración y difusión cambiantes hacen creer que la definición implícita del ciclo desempeña un rol especial en estos resultados.

5. DISCUSIÓN

Luego de la crisis de 2008, y ante la necesidad de monitorear los canales a partir de los cuales un episodio de estrés financiero puede afectar el desempeño del sector real, la atención y seguimiento de los indicadores de solvencia, liquidez, estructura (o de hojas de balance), de calidad de cartera, entre otros, ha desempeñado un papel preponderante en el actual sistema de políticas macroprudenciales. Para Agénor y Pereira da Silva (2013)

una crisis financiera puede proceder casi que de cualquier evento (crisis políticas, efecto contagio de otras economías, caída abrupta en el sistema productivo, entre otros). No obstante, es claro que tal evento viene precedido de ciertos desbalances. Identificar el comportamiento de estos desbalances constituye un gran paso para revertir sus efectos negativos sobre la economía. Este documento pretende aportar un elemento de análisis adicional en esa dirección.

Gráfico 9
Comparación entre las diferentes medidas de ciclo financiero (*novelty detection* vs. Bry-Boschan)



Fuente: cálculos de los autores.

A partir de trece indicadores financieros seleccionados de acuerdo con la metodología Camel, los cuales se usan para establecer una crisis financiera, que mediante los canales de crédito, liquidez y de hoja de balance pueden provocar una crisis en el resto de la economía, se propone hallar una medida del ciclo financiero, comparable con una del ciclo de negocios, para así analizar la dinámica intrínseca del sector financiero y su relación con la dinámica propia del sector real.

Los primeros resultados, obtenidos con la metodología del IDA y la de Bry-Boschan, muestran que en el período de estudio se presentaron tres ciclos completos (de pico a pico), con una duración aproximada de 5,9 años. El ciclo obtenido con este primer acercamiento se caracteriza por tener expansiones que tienden a ser más duraderas que las recesiones, característica similar a la presentada por el ciclo de negocios propuesto por Alfonso *et al.* (2012). De igual manera, se observa que las fases de expansión y recesión de ambos ciclos ocurren con cierta cercanía, con la particularidad de que casi todas las fases recesivas identificadas para el ciclo financiero anteceden a las contracciones del

ciclo de negocios. Adicionalmente, los dos ciclos guardan un alto grado de concordancia, tanto para el ciclo completo, como para cada una de sus fases. En particular, las recesiones financieras, tanto contemporánea como rezagadamente, tienden a evidenciar una mayor asociación con recesiones del ciclo de negocios.

Al abandonar el esquema de reglas sugerido por Bry-Boschan, y sustituyéndolo por uno basado en la metodología de *novelty detection*, se obtienen dos resultados. En primer lugar, al utilizar *kernels* lineales los resultados en términos de duración muestran un ciclo con fases mucho más simétricas (contracciones duran lo mismo que las expansiones); no obstante, el grado de concordancia con el ciclo de negocios es similar al calculado para el ciclo financiero con Bry-Boschan. Por otra parte, en términos de la sincronización de las fases, se encuentra que toda fase de recesión en la actividad económica se acompaña de una contracción en el ciclo financiero²⁶; sin embargo, existen dos fases de recesión en el ciclo financiero que no tienen contraparte en el ciclo de negocios.

En segundo lugar, al sustituir el *kernel* lineal por uno no lineal (gaussiano), el ciclo financiero obtenido muestra una mayor duración frente a los otros dos ciclos identificados antes (6,4 años en promedio), donde las expansiones resultan más largas que las contracciones. Estas últimas se presentan generalmente después de una recesión en el ciclo de negocios, por lo cual, al calcular la concordancia entre este ciclo financiero y el ciclo de negocios, la sincronización es mayor en las expansiones que en las contracciones. No obstante, hay un período de recesión coincidente que corresponde a la crisis de finales de los años noventa, lo cual es acorde con lo expuesto por Agénor y Pereira da Silva (2013), quienes mencionan que la historia reciente de los países en desarrollo muestra que las recesiones económicas que coinciden con crisis en el sistema financiero terminan siendo más profundas y costosas para la economía. Este es el caso de la crisis de 1999 en Colombia, en la cual se combinó una desaceleración de la economía con desbalances en el sistema financiero. Además, como también ha sido ampliamente aceptado, la crisis evidenciada a finales de la década pasada sucedió primero en el sector financiero que en el real.

Frente a estos resultados, es importante señalar que el algoritmo Bry-Boschan ha sido ampliamente utilizado en la literatura empírica que busca caracterizar el ciclo financiero, siendo una referencia importante para los ejercicios alternativos que se proponen alrededor de este tema. No obstante, el uso de variables asociadas con otros aspectos del negocio financiero, más el uso de una técnica alterna, como la de *novelty detection*, sugiere que la aplicación de la metodología propuesta por Bry-Boschan no necesariamente logra capturar todas las particularidades del negocio financiero. Esto hace pensar que la aproximación a un ciclo financiero involucra aspectos relacionados tanto con el ciclo de negocios, como con las características propias del sector, las cuales incluyen la toma de decisiones en un escenario de incertidumbre, la búsqueda de ganancias para los accionistas y la reacción frente a choques económicos. Así, los resultados obtenidos con las metodologías propuestas pretenden ofrecer una respuesta que considere lo mencionado, además de proveer una herramienta para monitorear el sector financiero.

26 De hecho, la fase de recesión financiera que va de noviembre de 1994 a junio de 2000 cubre todo un ciclo en su contraparte real.

REFERENCIAS

- Asobancaria; Ministerio de Hacienda; Banco de la República; Superintendencia Financiera de Colombia (2012). *Metodología de selección de entidades financieras que participarán en el esquema del indicador bancario de referencia*, Bogotá.
- Adrian, T.; Shin, H. S. (2008). "Liquidity, Monetary Policy, and Financial Cycles", *Current Issues in Economic and Finance*, vol. 12, núm. 1, Federal Reserve Bank of New York.
- Adrian, T.; Estrella, A.; Shin, H. S. (2010). "Monetary Cycles, Financial Cycles, and the Business Cycle", Staff Report, núm. 421, Federal Reserve Bank of New York.
- Agénor, P.; Pereira da Silva, L. (2013). "Rethinking Inflation Targeting: A Perspective from the Developing World", Discussion Paper Series, núm. 185, Centre for Growth and Business Cycle Research University of Manchester, Manchester, UK.
- Alfonso, V.; Arango, L.; Arias, F.; Cangrejo, G.; Pulido, J. (2012). "Ciclos de negocios en Colombia: 1975-2011", Borradores de Economía, núm. 651. Banco de la República.
- Avouyi-Dovi, S.; Matheron, J. (2005). "Interactions between Business Cycles, Stock Market Cycles and Interest Rates: The Stylised Facts", working papers, núm. 121, Banque de France.
- Borio, C.; Furfine, C.; Lowe, P. (2001). "Procyclicality of the Financial System and Financial Stability: Issues and Policy Options", working paper, núm. 1, Bank of International Settlements.
- Burns, A.; Mitchell, W. (1946). *Measuring Business Cycles*, New York: National Bureau of Economic Research, Book Series Studies in Business Cycles.
- Bry, G.; Boschan, C. (1971). *Cyclical Analysis of Time Series: Selected Procedures and Computer Programs* New York: National Bureau of Economic Research, Book Series Studies.
- Claessens, S.; AyhanKose, M.; Terrones, M. (2011a). "Financial Cycles: What? How? When?", working paper, núm. 76, International Monetary Fund.
- Claessens, S.; AyhanKose, M.; Terrones, M. (2011b). "How do Business and Financial Cycles Interact?" working paper, núm. 88, International Monetary Fund.
- Covas, F.; Den Haan, W. (2011). "The Role of Debt and Equity Finance over the Business Cycle", *American Economic Review*, vol. 101, núm. 2, pp. 877-899, abril, American Economic Association.
- Christiano, L.; Rostagno, M.; Motto, R. (2010). "Financial Factors in Economic Fluctuations", working paper series, núm. 1192, European Central Bank.
- Croux, C.; Forni, M.; Reichlin, L. (2001). "A Measure of Comovement for Economic Variables: Theory and Empirics", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 83, núm. 2, pp. 232-241.
- Drehmann, M.; Borio, C.; Tsatsaronis, K. (2012). "Characterising the Financial Cycle: Don't Lose Sight of the Medium Term!", working paper, núm. 380, Bank of International Settlements.
- Estrada, D.; Morales, M. (2009). "Índice de estabilidad financiera para Colombia", *Reporte de Estabilidad Financiera*, septiembre, Banco de la República.
- Fondo Monetario Internacional (2006). *Indicadores de solidez financiera: guía de compilación*, Washington, D. C.

- Furlanetto, F.; Ravazzolo, F.; Sarferaz, S. (2013). "Identification of Financial Factors in Economic Fluctuations", presentado en el Annual Meeting of the French Economic Association, disponible en: <http://www.touteconomie.org/afse/index.php/congres/2013/paper/view/215/0>
- Gómez, J.; Ojeda, J.; Tenjo, F.; Zárate, H. (2013). "The Interdependence between Credit and Real Business Cycles in Latin American Economies", Borradores de Economía, núm. 768. Banco de la República.
- González, A. (2010). "Determinantes del riesgo de crédito comercial en Colombia", *Reporte de Estabilidad Financiera*, marzo, Banco de la República.
- Gutiérrez, J.; Saade, A. (2009). Ciclos del riesgo de crédito, *Reporte de Estabilidad Financiera*, septiembre, Banco de la República.
- Harding, D.; Pagan, A. (2002). "Dissecting the Cycle: A Methodological Investigation", *Journal of Monetary Economics*, núm. 49, pp. 365-381.
- Haavio, M. (2012). "Financial Cycles and Business Cycles: Some Stylized Facts", Monetary Policy and Research, núm. 4.1.2012, Bank of Finland (BoF Online).
- Kordogly, R. (2010). "The Classification Patterns of Bank Financial Ratios" [en línea], tesis doctoral, Doctor of Philosophy, Loughborough University, disponible en: <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/6815>
- Kumbirai, M.; Webb, R. (2010). "A Financial Ratio Analysis of Commercial Bank Performance in South Africa, *African Review of Economics and Finance*, vol. 2, núm. 1.
- Iacoviello, M. (2013). "Financial Business Cycles: Preliminary Draft", *Review of Economic Dynamics*, vol 18, issue 1, pp. 140-163.
- Monch, E., Uhlig, H. (2004). "Towards a Monthly Business Cycle Chronology for the Euro Area", discussion papers, núm. 4377, Centre for Economic Policy Research.
- Nason, J.; Tallman, E. (2012). Business Cycles and Financial Crises: The Role of Credit Supply and Demand Shocks, working paper, núm. 12-21, Federal Reserve Bank of Cleveland.
- Pineda, F.; Piñeros, J. (2009). "El indicador financiero único como mecanismo de alerta temprana: una nueva versión", *Reporte de Estabilidad Financiera*, marzo, Banco de la República.
- Schölkopf, B.; Williamson, R.; Somola, A.; Shawe-Taylor, J.; Platt, J. (2000). "Support Vector Method for Novelty Detection", en Solla, S. A., Leen, T. K., y Muller, K.-R. (eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems 12*, MIT Press, pp. 582-588.
- Wang, L. (ed.; 2005). *Support Vector Machines: Theory and Applications*, Holanda: Springer.
- Vapnik, V. (1998). *Statistical Learning Theory*, Nueva York: Willey.

ANEXO 1

INDICADORES FINANCIEROS

Gestión	Calidad activos
$\text{Calidad de la administración} = \frac{\text{costos administrativos}}{\text{ingresos financieros} - \text{gastos financieros}}$	$\text{Calidad de la cartera por calificación} = \frac{\text{cartera en B, C, D, E}}{\text{cartera neta} + \text{provisiones}}$
$\text{Cubrimiento financiero} = \frac{\text{gastos por intereses}}{\text{ingresos por intereses}}$	$\text{Cartera vencida por duración de mora} = \frac{\text{cartera vencida}}{\text{cartera neta} + \text{provisiones}}$
	$\text{Índice cubrimiento de cartera} = \frac{\text{provisiones de la cartera}}{\text{cartera vencida}}$
Rentabilidad	Liquidez
$\text{ROE (rentabilidad del patrimonio)} = \frac{\text{utilidad neta}}{\text{patrimonio}}$	$\text{Indicador de liquidez I} = \frac{\text{activos líquidos} - \text{pasivos líquidos}}{\text{depósitos}}$
$\text{ROA (rentabilidad de los activos)} = \frac{\text{utilidad neta}}{\text{activo}}$	$\text{Indicador de liquidez II} = \frac{\text{activos líquidos}}{\text{pasivos líquidos}}$
$\text{Rentabilidad de activos productivos I} = \frac{\text{ingresos por intereses}}{\text{cartera neta} + \text{provisiones} + \text{inversiones}}$	$\text{Indicador de liquidez III} = \frac{\text{disponible}}{\text{captaciones}}$
$\text{Rentabilidad de activos productivos II} = \frac{\text{ingresos financieros}}{\text{cartera neta} + \text{provisiones} + \text{inversiones}}$	$\text{Indicador de liquidez IV} = \frac{\text{disponible}}{\text{depósitos}}$
$\text{Margen de intermediación neto I} = \frac{\text{ingresos por intereses} - \text{gastos por intereses}}{\text{cartera neta} + \text{provisiones} + \text{inversiones}}$	$\text{Indicador de liquidez V} = \frac{\text{disponible} + \text{inversiones}}{\text{captaciones}}$
$\text{Margen de intermediación neto II} = \frac{\text{ingresos financieros} - \text{gastos financieros}}{\text{cartera neta} + \text{provisiones} + \text{inversiones}}$	
$\text{Activos productivos respecto al total} = \frac{\text{cartera neta} + \text{provisiones} + \text{inversiones}}{\text{activo total}}$	

ANEXO 1 (CONTINUACIÓN)
INDICADORES FINANCIEROS

Estructura del patrimonio	Estructura del pasivo
$\text{Estructura del patrimonio I} = \frac{\text{cartera vencida}}{\text{patrimonio}}$	$\text{Estructura del pasivo I} = \frac{\text{Pasivo}}{\text{Activo}}$
$\text{Estructura del patrimonio II} = \frac{\text{cartera neta} + \text{provisiones}}{\text{patrimonio}}$	$\text{Estructura del pasivo II} = \frac{\text{captaciones}}{\text{pasivo}}$
$\text{Estructura del patrimonio III} = \frac{\text{patrimonio}}{\text{activo}}$	$\text{Estructura del pasivo III} = \frac{\text{depósitos}}{\text{captaciones}}$
$\text{Estructura del patrimonio IV} = \frac{\text{patrimonio}}{\text{pasivo}}$	$\text{Estructura del pasivo IV} = \frac{\text{cuenta corriente} + \text{depósitos simples}}{\text{depósitos}}$
$\text{Estructura del patrimonio V} = \frac{\text{patrimonio}}{\text{captaciones}}$	$\text{Estructura del pasivo V} = \frac{\text{CDT}}{\text{depósitos}}$
	$\text{Estructura del pasivo VI} = \frac{\text{depósitos de ahorro} + \text{cuentas ahorro UV}}{\text{depósitos}}$
$\text{Estructura del activo I} = \frac{\text{disponible}}{\text{activo}}$	$\text{Estructura del pasivo VII} = \frac{\text{cartera neta} + \text{provisiones}}{\text{captaciones}}$
$\text{Estructura del activo II} = \frac{\text{cartera neta} + \text{provisiones}}{\text{activo}}$	
$\text{Estructura del activo III} = \frac{\text{inversiones}}{\text{activo}}$	
$\text{Estructura del activo IV} = \frac{\text{depósitos}}{\text{activo}}$	

ANEXO 2

COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES FINANCIEROS FRENTE A LA ACTIVIDAD REAL

En este anexo se realiza una aproximación gráfica al comportamiento del sector frente a una medida de la actividad económica. Para este análisis se emplean diagramas de dispersión, buscando establecer si existe o no algún patrón de comovimiento de los indicadores seleccionados frente al crecimiento del PIB real.

Como resultado de este primer acercamiento, se observa que hay un grupo de indicadores que muestra una evidente correlación lineal con el crecimiento del PIB, otro grupo tiene escasa relación, y un último grupo se caracteriza por no tener una correspondencia aparente con el crecimiento del producto (gráficos A2.1 y A2.2). En el primer grupo se encuentran los indicadores de estructura del pasivo IV (depósitos de ahorro/depósitos), el ROA (rentabilidad de los activos), la rentabilidad de los activos productivos, la cartera vencida y el indicador de liquidez V (disponible + inversiones/captaciones).

Gráfico A2.1

Indicadores financieros frente al crecimiento real del PIB

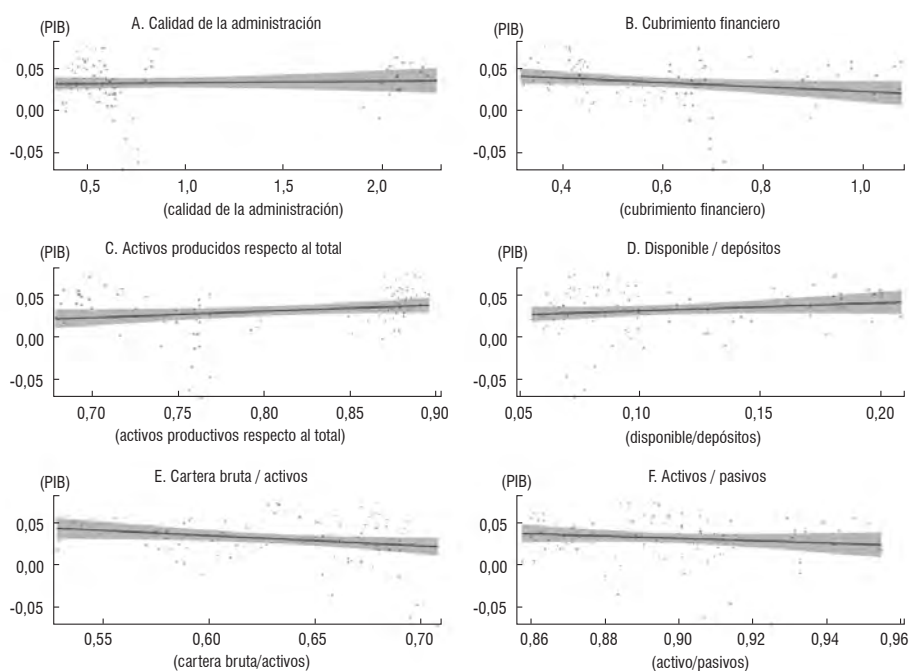
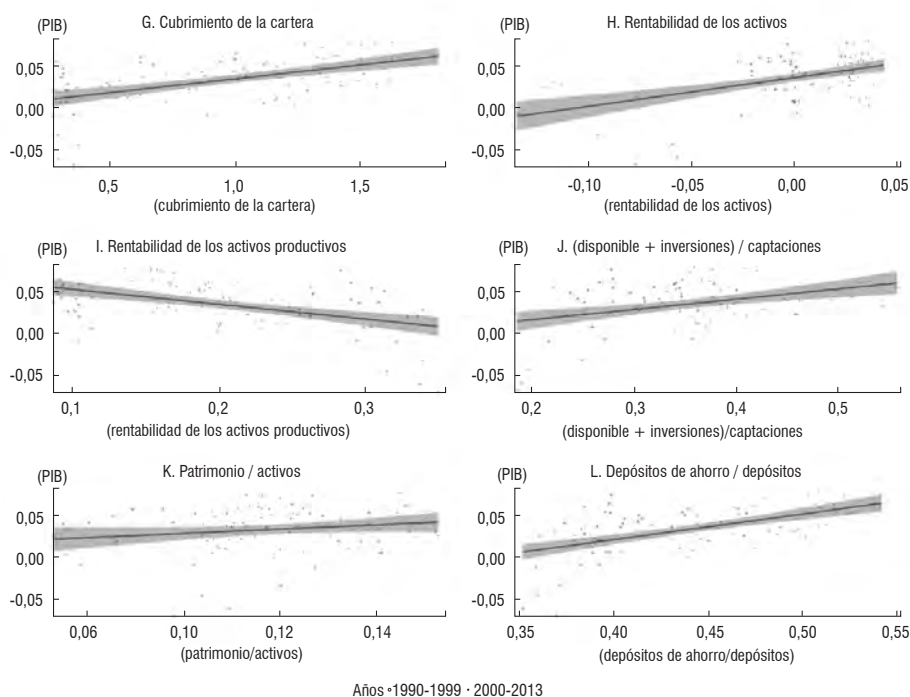


Gráfico A2.1 (continuación)

Indicadores financieros frente al crecimiento real del PIB



Nota: la zona sombreada corresponde al intervalo de confianza del coeficiente de correlación estimado al 95% de confianza.

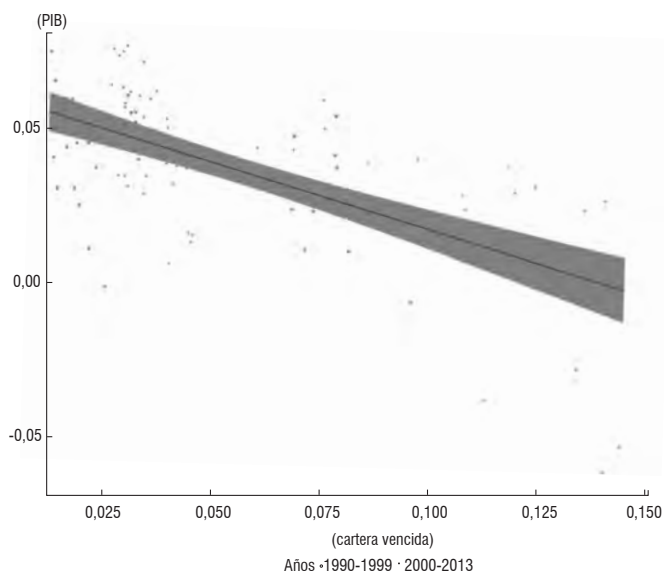
Fuente: cálculos de los autores.

Por su parte, el grupo de indicadores que tiene escasa correlación con el crecimiento del producto incluye: el cubrimiento de cartera, la estructura del patrimonio III (patrimonio/activos) y la cartera bruta/activos. Finalmente, pueden clasificarse como indicadores de escasa relación con el producto al indicador de calidad de la administración, el de estructura del pasivo I (pasivo/activo) y la proporción de activos productivos sobre activos totales. El comportamiento de estos grupos de indicadores con respecto al crecimiento del producto soporta la idea de un ciclo financiero que contenga elementos que se relacionan de manera directa con la actividad real, así como otros aspectos propios del sector.

Como ejercicio alternativo para evaluar si las relaciones observadas anteriormente han presentado algún cambio a lo largo del período, en los gráficos A2.3 y A2.4 se presentan los diagramas de dispersión, separando la muestra en dos: un primer período corresponde a los valores de los indicadores en la década de los noventa y un segundo período se refiere a la información disponible a partir del año 2000.

Gráfico A2.2

Indicador de cartera vencida frente al crecimiento real del PIB



Nota: la zona sombreada corresponde al intervalo de confianza del coeficiente de correlación estimado al 95% de confianza.

Fuente: cálculos de los autores.

En los gráficos A2.3 y A2.4 es posible observar que, al separar el análisis en diferentes períodos de la historia del sector, se obtienen resultados adicionales. En primer lugar, se puede señalar que para dos de los indicadores considerados el cambio de década implica una alteración en la relación lineal frente al crecimiento del PIB. Este es el caso del indicador de cubrimiento financiero y el indicador de activos productivos con respecto al total, para los cuales se invierte la relación observada en la década de los noventa con respecto a lo observado después del año 2000. Por otro lado, un grupo de indicadores muestra una relación aparentemente significativa con el crecimiento del PIB en el primer período considerado, la cual desaparece en los datos del período más reciente. En este grupo se cuentan el indicador de estructura del activo II (cartera bruta/activo), indicador de liquidez IV (disponible/depósitos), rentabilidad de los activos (ROA), indicador de liquidez V (disponible + inversiones/captaciones) y el indicador de estructura del pasivo VI (depósitos de ahorro/depósitos).

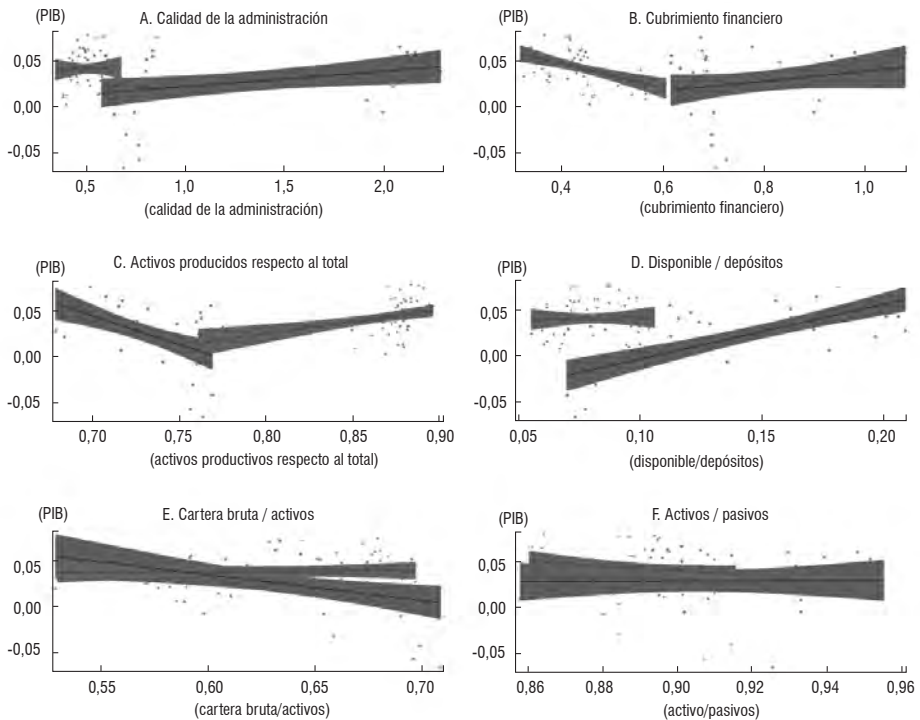
Por el contrario, con la información disponible se obtiene que el indicador de rentabilidad de los activos productivos refuerza su relación con el crecimiento del producto en los años recientes, mientras que el indicador de calidad de la administración parece estar poco relacionado con el indicador de la actividad económica real en los dos períodos considerados. Algo similar a este comportamiento sucede con los indicadores de estructura del pasivo I (activo/pasivo) y estructura del patrimonio III (patrimonio/activo). Cabe

señalar que el indicador de calidad de la cartera (cartera vencida por duración de mora) durante los dos períodos conserva una relación negativa con el crecimiento del producto. No obstante, dicha relación parece moderarse a partir del año 2000.

Con estos resultados puede decirse que, en promedio, en la década de los noventa los indicadores financieros considerados mostraban una alta correlación lineal con el crecimiento del producto. Sin embargo, para algunos indicadores este comportamiento se ha visto suavizado durante el período reciente, lo cual puede asociarse con la implementación de medidas contracíclicas, cambios en el marco normativo del sector y un mayor desarrollo del negocio financiero. Lo anterior también podría interpretarse como que existe una posible relación entre las variables consideradas, que no necesariamente es capturada con una medida lineal de correlación, y que requiere de aproximaciones alternativas para su estudio. En este sentido, se hace evidente la necesidad de considerar un mayor número de elementos que permitan caracterizar el ciclo financiero más allá de los que se han utilizado tradicionalmente y que abren la posibilidad de incluir comportamientos del sector más allá de su relación con la actividad real.

Gráfico A2.3

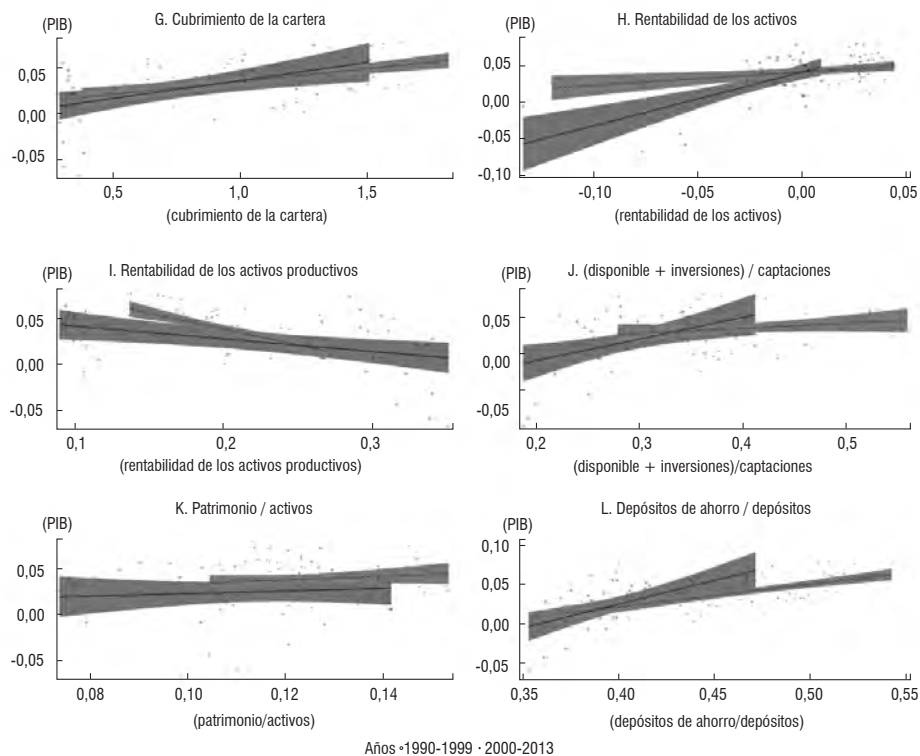
Indicadores financieros frente al crecimiento real del PIB por décadas



Años •1990-1999 • 2000-2013

Gráfico A2.3 (continuación)

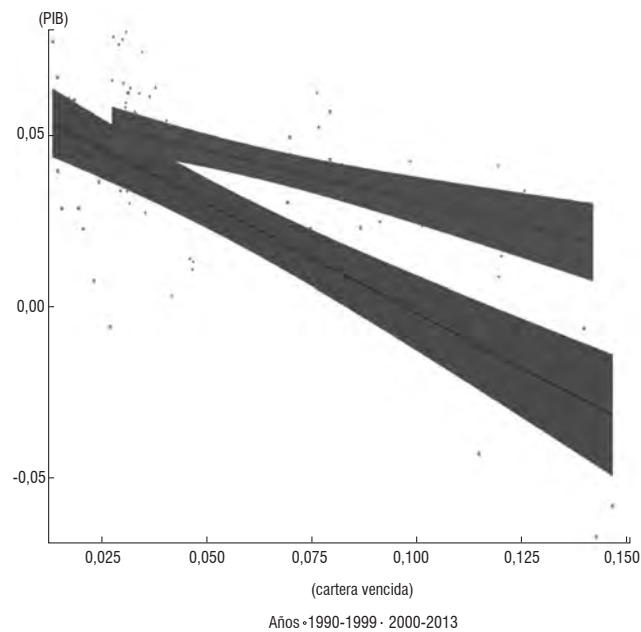
Indicadores financieros frente al crecimiento real del PIB por décadas



Nota: la zona sombreada corresponde al intervalo de confianza del coeficiente de correlación estimado al 95% de confianza.

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A2.4
Indicador de cartera vencida frente al crecimiento real del PIB



Nota: la zona sombreada corresponde al intervalo de confianza del coeficiente de correlación estimado al 95% de confianza.

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 3

FUNDAMENTOS DE LA METODOLOGÍA NOVELTY DETECTION

Considérese una muestra de entrenamiento $x_1, x_2, \dots, x_m$ donde $x_m \in \mathbb{N}$, el número de observaciones presente en el experimento $x_1, x_2, \dots, x_m \in \mathbb{R}^N$.

Sea $\Phi, \chi \rightarrow F$, un mapeo de los elementos del conjunto χ en un espacio F generado a partir del producto punto entre los vectores de información disponible. Dicho producto punto en la imagen de Φ puede estimarse mediante la evaluación de algún *kernel*:

$$k \langle x, y \rangle = (\Phi(x) \cdot \Phi(y))$$

Para separar el conjunto de información del origen, se resuelve el siguiente programa cuadrático:

$$\min_{w \in F, \zeta \in \mathbb{R}^m, \rho \in \mathbb{R}} \frac{1}{2} \|w\|^2 + \frac{1}{vm} \sum_i \zeta_i - \rho$$

$$s.a. (w \cdot \phi(x_i)) \geq \rho - \zeta_i, \zeta_i \geq 0.$$

Derivando el problema dual y usando la definición de *kernel*, la solución de los parámetros se puede mostrar en términos de:

$$\min_{\alpha} \sum_{i,j} \alpha_i \alpha_j k(x_i, x_j) \quad s.a. 0 \leq \alpha_i \leq \frac{1}{vm}, \quad \sum_i \alpha_i = 1.$$

Además, la solución tiene la siguiente expansión de vectores de soporte:

$$f(x) = \text{sgn}\left(\sum_i \alpha_i k(x_i, x) - \rho\right)$$

En este ejercicio se usaron los siguientes *kernels*:

- *Kernel* lineal: $k(x, x') = \langle x, x' \rangle$.
- *Kernel* gaussiano (*gaussian radial basis function*): $k(x, x') = \exp(-\sigma \|x - x'\|^2)$.
- *Kernel* Bessel: $k(x, x') = \frac{Bessel_{v+1}^n \exp(\sigma \|x - x'\|)}{(\|x - x'\|)^{-n(v+1)}}$

Se probaron con *kernels* adicionales, pero los resultados no fueron muy distintos a los encontrados con los tres ya mencionados.

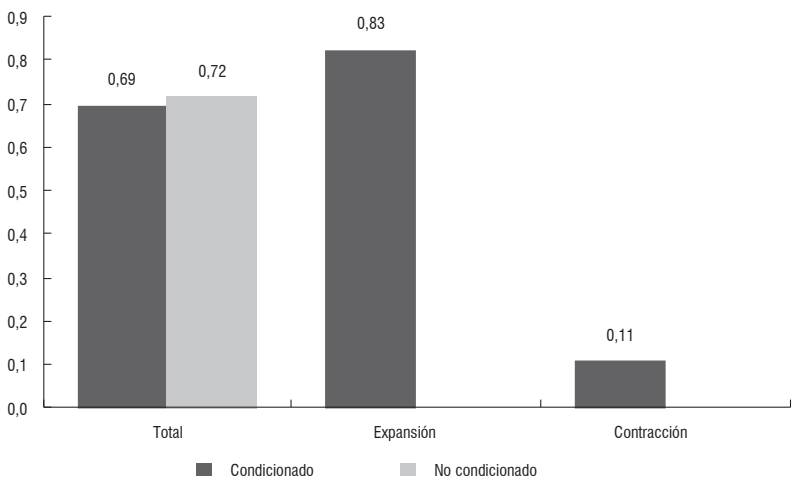
ANEXO 4
RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA *NOVELTY DETECTION* UTILIZANDO EL *KERNEL BESSEL*

Cuadro A4.1
Cronología del ciclo financiero

Ciclo financiero (<i>kernel</i> Bessel)						
Puntos de quiebre			Duración (en años)			
Pico	Valle	Pico	Ciclo (pico a pico)	Expansión	Contracción	Ciclo (valle a valle)
oct-91	jun-93	nov-98	7,1	5,4	1,7	n.d.
nov-98	mar-00	oct-05	6,9	5,6	1,3	6,8
oct-05	mar-06	nov-11	6,1	5,7	0,4	6,0
nov-11	ago-12		n.d.	n.d.	0,8	6,4
Promedio			6,7	5,6	1,0	6,4

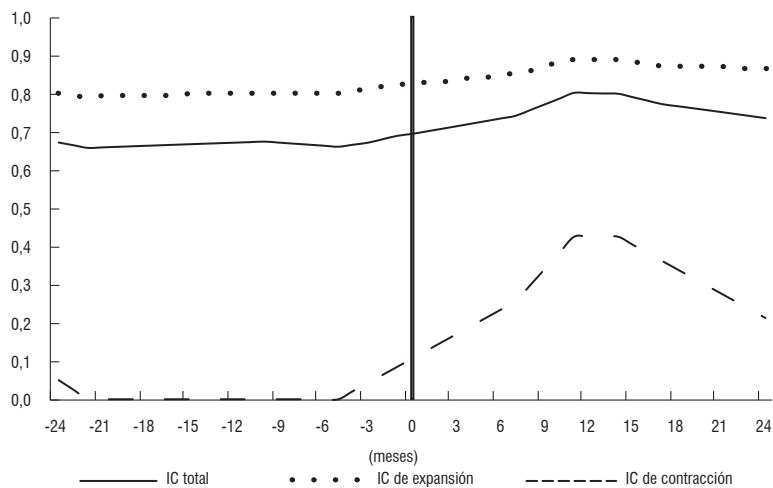
n.d.: no disponible.
Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A4.1
Índice de concordancia



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A4.2
Índice de concordancia con rezagos y adelantos



Fuente: cálculos de los autores.

6. INCLUSIÓN FINANCIERA EN COLOMBIA

Carlos Gustavo Cano
María del Pilar Esguerra
Nidia García
Leonardo Rueda
Andrés M. Velasco*

En los últimos años la inclusión financiera ha cobrado relevancia en las agendas de política de gobiernos en economías desarrolladas y emergentes, así como en las de organizaciones multilaterales. De allí ha surgido el término inclusión financiera, el cual señala si un individuo o grupo social tiene acceso a los productos financieros formales y hace uso de ellos. En ese sentido, el acceso a los servicios financieros es una condición necesaria, pero no suficiente para lograr la inclusión financiera; se requiere, además, garantizar su uso efectivo. En muchas de las discusiones que han rodeado esta agenda, incluso, se afirma que en el contexto actual la exclusión financiera equivale a una forma de exclusión social (Subirats, Brugué y Gomà, 2005)¹.

* Los autores son, respectivamente: codirector de la Junta Directiva, asesora del Subgerente de Estudios Económicos, jefe de la Sección de Educación Económica y Financiera, economista de la Oficina de Asesores del Gobierno en Asuntos Cafeteros y economista experto de la Unidad de Investigaciones del Banco de la República (actualmente se desempeña como director general de Política Macroeconómica del Ministerio de Hacienda y Crédito Público). Los errores, opiniones y omisiones son responsabilidad de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Se agradecen los comentarios de dos evaluadores anónimos y de los asistentes al seminario de la Agenda de Investigaciones de la Gerencia Técnica. También, y de manera especial, a Norberto Rodríguez y Héctor Zárate por sus útiles discusiones metodológicas.

1 “La exclusión social no se restringe únicamente a cuestiones unidimensionales como solía abordarse durante la vieja sociedad industrial, donde se generaba desde las lógicas de clase. Hoy en día la exclusión social puede entenderse como un fenómeno que implica fracturas en el tejido social, la ruptura de ciertas coordenadas básicas de integración, y, en consecuencia, la aparición de una nueva escisión social en términos de dentro/fuera. Así mismo, se le puede definir como fenómeno poliédrico, formado por la articulación de un cúmulo de circunstancias desfavorables, a menudo fuertemente interrelacionadas. Es así, que se encuentran altísimas correlaciones entre, por ejemplo, fracaso escolar, precariedad laboral, desprotección social, monoparentalidad y género. O bien entre barrios guetizados, infravivienda, segregación étnica, pobreza y sobre incidencia de enfermedades. Entonces, como ya se dijo, todo ello conduce hacia la imposibilidad de un tratamiento unidimensional y sectorial de la exclusión social” (Subirats, Brugué y Gomà, 2005: 13).

En los últimos años, según el Grupo Consultivo de Ayuda a los Pobres, la inclusión ha ganado importancia en la literatura económica sobre el desarrollo de los países, la macroeconomía sana y la equidad social (CGAP, 2012)². No es para menos, dado que insuficiente inclusión financiera por parte de importantes grupos de una sociedad puede retrasar el desarrollo y el crecimiento económico, impedir el buen funcionamiento de las políticas macroeconómicas en el corto plazo y contribuir a la desigualdad social.

Lo anterior se explica porque la inclusión a los servicios financieros es un elemento importante para ahorrar y suavizar el consumo intertemporal, así como para contribuir a la acumulación de capital de la economía, condición irreductible para reducir la pobreza. Asimismo, si un porcentaje muy alto de la población no está incluida en el sistema financiero, la transmisión de la política monetaria se dificulta y se obstaculiza su función contracíclica³.

Infortunadamente, el libre funcionamiento de las fuerzas del mercado pocas veces garantiza que la población de un país logre incluirse. Con frecuencia los grupos más vulnerables (especialmente en países en desarrollo) terminan excluidos por fallas de los mercados y en particular por asimetrías de información. En estas circunstancias, se justifica que el Estado intervenga para ayudar a garantizar el acceso a los servicios financieros de los segmentos más vulnerables de la población, mediante la regulación y la generación de incentivos para una prestación eficiente de este tipo de servicios.

Para que las políticas de inclusión financiera sean efectivas, el Estado tiene que proponerse aumentar el nivel de capacidades financieras de los consumidores e incentivar una oferta de servicios financieros apropiados, que sean accesibles para los diferentes grupos de la población, así como proveer una regulación que garantice la protección de los consumidores financieros.

Este trabajo plantea varios objetivos al analizar la inclusión financiera en Colombia. En primer lugar, se pretende destacar su importancia mediante una revisión y un resumen de la literatura. En segundo lugar, se aporta evidencia empírica sobre los determinantes del acceso a productos financieros en Colombia. En este trabajo se argumenta que el diagnóstico sobre la inclusión en nuestro país no se ha realizado de una forma completa, porque los pocos estudios no ponen en contexto los determinantes de la oferta, la demanda y la regulación, ni tienen en cuenta las diferencias entre países desarrollados y en desarrollo. Lo nuevo de la parte empírica es que, a pesar de dejar de lado los determinantes de oferta, el presente trabajo muestra una forma alternativa de medición de acceso y utiliza información reciente para confirmar los determinantes desde el lado de la demanda, haciendo énfasis en la importancia de la educación financiera y la educación en general.

Aparte de esta introducción, en el capítulo uno se presenta una revisión de la literatura sobre la inclusión financiera, enfatizando en tres aspectos en particular: i) la importancia del acceso a productos financieros por parte de la población, para el desarrollo y el buen desempeño macroeconómico; ii) sus determinantes, tanto del lado de la oferta como

2 El CGAP desarrolla soluciones innovadoras para la inclusión financiera mediante la investigación y el compromiso activo con los proveedores de servicios financieros, políticos y financiadores.

3 Es por esto último que muchos bancos centrales han incluido en su agenda liderar temas de educación económica y financiera, y en no pocos países son los responsables de las estrategias nacionales que se ocupan de este tema.

de la demanda, y iii) la situación de Colombia en esta materia. En el segundo capítulo se validan algunas de las hipótesis de la literatura sobre los determinantes por el lado de la demanda, utilizando la *Encuesta de capacidades financieras*⁴. Para ello, se discuten las diferentes definiciones de inclusión financiera que aparecen en la literatura y se opta por una en el trabajo por realizar. En el último capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones para garantizar la inclusión financiera, en particular la de la población más pobre, las cuales se derivan de la revisión de la literatura sobre este tema y del ejercicio empírico que, como se afirmó, está limitado a los determinantes por el lado de la demanda.

1. LITERATURA SOBRE INCLUSIÓN A LOS SERVICIOS FINANCIEROS

1.1 Importancia de la inclusión

En este trabajo se resalta la importancia macroeconómica de la inclusión financiera de la población, lo cual implica el acceso y uso efectivo de los productos financieros activos y pasivos por parte de los hogares. Se argumentarán los efectos positivos que tiene la inclusión sobre cinco temas: la suavización del ingreso y el consumo; la eficiencia en la asignación de recursos; el crecimiento económico; la desigualdad y la pobreza, y la transmisión de la política monetaria.

Como lo han explicado trabajos previos sobre el tema (Morduch, 1995), el acceso y el uso efectivo de los productos financieros son un vehículo eficiente para suavizar el ingreso y los ciclos del consumo. Con los productos (activos) de ahorro e inversión, los hogares tienen la posibilidad de distribuir su riqueza de forma intertemporal y disfrutar de sus rentas a lo largo de su ciclo de vida. Ya sea con un sistema de pensiones de fondo individual, o con el sistema de reparto, el acceso al ahorro de largo plazo es un factor común que condiciona el buen funcionamiento de los esquemas de previsión. Por su parte, Gwartney *et al.* (2006) muestran que en los países en desarrollo caracterizados por tener ingresos volátiles, y donde existe bajo acceso a los servicios financieros, los hogares no logran suavizar los ciclos del ingreso y, por tanto, su consumo exhibe una gran volatilidad; esto, por su puesto, disminuye su bienestar.

Desde el lado pasivo, para los hogares la inclusión financiera permite suavizar el consumo y acumular capital humano y físico. El crédito es una de las herramientas más importantes con la que cuentan los hogares para protegerse de los ciclos económicos y es el canal mediante el cual se transfieren recursos de ahorro interno y externo hacia proyectos de inversión eficientes. Dabla-Norris y Srivisal (2013) muestran que la profundización financiera puede disminuir la volatilidad del crecimiento, la inversión, el producto y el consumo, siempre y cuando esta se encuentre en niveles moderados.

Asimismo, el adecuado desarrollo del sistema financiero tiene efectos positivos sobre el entorno macroeconómico. El mejor acceso al mercado de crédito permite una reducción en las restricciones de liquidez de los hogares, lo que se traduce en un crecimiento

4 Realizada en Colombia por el Banco Mundial con el apoyo del Banco de la República, véase el numeral 2.2 de este documento.

mucho más estable del consumo y en una moderación de los ciclos reales de la economía, favoreciendo el comportamiento de los agregados económicos (Cecchetti *et al.*, 2006).

Por otro lado, la importancia macroeconómica del acceso efectivo a productos financieros trasciende los indicadores de ingreso y producción: los efectos sobre la desigualdad y la pobreza han sido comentados en detalle en la literatura. En particular, Chibba (2009) y Beck *et al.* (2007) describen los canales que conectan la inclusión financiera y el desarrollo financiero con indicadores como el coeficiente de Gini e índices de pobreza, pobreza extrema e indigencia.

Diversas evaluaciones de impacto a variados programas de microfinanzas muestran que estos son un mecanismo de inclusión financiera y eje transversal en la lucha contra la pobreza, la generación de ingresos y el desarrollo de empresas en países menos desarrollados⁵.

Finalmente, la inclusión financiera se constituye en un elemento fundamental a la hora de lograr una transmisión eficiente de la política monetaria y, por ende, de proteger a la economía de choques en el ciclo económico. Sin el acceso general de la población a productos de ahorro y crédito puede existir una desconexión parcial entre la demanda agregada y las herramientas de política que buscan estabilizar la inflación y el producto con respecto a su meta y al potencial de la economía, respectivamente.

1.2 Determinantes de la inclusión

Para efectos del presente trabajo se revisó buena parte de la literatura contemporánea sobre los factores que inciden en la falta de acceso a servicios financieros, desde el lado de la oferta y la demanda. Además, se presentan algunos trabajos que han estudiado el caso colombiano en particular.

1.2.1 Demanda y oferta

Por el lado de la demanda, en este trabajo identificamos las siguientes razones para explicar el bajo grado de acceso a servicios financieros: 1) los agentes no saben qué productos necesitan o no los entienden; 2) aun cuando saben qué necesitan, no saben si estos productos existen; 3) se conoce qué productos financieros se necesitan, existen, pero no se tiene acceso a ellos por alguna o varias barreras de oferta, y 4) por autoexclusión, la cual se explica por preferencias de liquidez de los agentes o desconfianza en el sistema financiero. Este último punto está relacionado con la informalidad, que por lo general es alta en países menos desarrollados.

Desde el lado de la oferta, con base en la literatura identificamos que las razones que explican el bajo acceso a los servicios financieros son: 1) las instituciones financieras no conocen las necesidades de los excluidos; 2) aun cuando las conocen, no tienen los

5 Estudios que evalúan el impacto de la inclusión financiera mediante el microcrédito son, por ejemplo: Banerjee *et al.* (2013), Crepón *et al.* (2011), Angelucci *et al.* (2013) y Karlan *et al.* (2011).

productos necesarios para incluirlos, y 3) tienen los productos o están en capacidad de ofrecerlos, pero no lo hacen por restricciones asociadas con el riesgo, costos o regulación. Estas razones están relacionadas con elementos como: un deficiente conocimiento del sector financiero sobre las necesidades y preferencias financieras de los hogares y las firmas excluidas; la rigidez de la oferta de productos financieros para adecuarse a dichas necesidades; la ausencia de incentivos que induzcan a los intermediarios financieros a ofrecer tales productos especializados en el mercado potencial de los excluidos; la falta de introducción de desarrollos tecnológicos que permitan reducir los costos fijos de la oferta, entre otros.

También, se advierten en la literatura algunas diferencias en los determinantes del acceso a productos financieros entre países desarrollados y países emergentes. Mientras que en los primeros el acceso es mucho mayor y cubre a gran parte de la población, en los segundos, por lo general, hay grandes grupos de la población excluidos. Así las cosas, los determinantes de la exclusión financiera en los países desarrollados tienen que ver con características sociodemográficas muy específicas enfocadas en el lado de la demanda (si las personas están enfermas, si pertenecen a ciertos grupos étnicos, si cuentan con un instrumento financiero sustituto provisto por el Estado, como las tarjetas postales en el Reino Unido), mientras que en los países emergentes a estas características demográficas se adicionan otras de tipo económico, como la informalidad, y factores de oferta como la limitada presencia de entidades financieras y de productos específicos para este grupo de población.

A continuación se realiza una reseña de algunos de los trabajos que hemos examinado sobre los determinantes de la exclusión financiera tanto en países desarrollados como en países emergentes.

1.2.2 Países desarrollados

En el ámbito internacional se han escrito un número importante de trabajos sobre los determinantes de la falta de acceso a productos financieros por el lado de la demanda, que utilizan encuestas de capacidades financieras como la que se realizó en Colombia, y que se empleará más adelante en este trabajo. La mayoría señala como determinantes de la falta de acceso a las variables demográficas, niveles de ingreso, etnias, enfermedades y grado de educación, especialmente en países desarrollados. Por ejemplo, Finney y Kempson (2009) para el Reino Unido utilizaron modelos probabilísticos con dos especificaciones alternativas en las cuales se diferencia entre las personas que están en edad de jubilación y las que no. Para los segundos, entre los resultados que encuentran vale la pena destacar que las variables que más influyeron sobre la no bancarización fueron: la tenencia de una cuenta en la oficina de correos del Reino Unido, que el hogar devengue bajos ingresos, pagar arriendo y tener enfermedades de larga duración o ser discapacitado. En el caso de las personas en edad de pensión, los resultados son similares, aunque la edad, el género y el grado de educación no resultan significativos.

En otro estudio, también para el Reino Unido, Delvin (2005) utiliza datos de una encuesta similar y usa un concepto de exclusión financiera como aquella situación en la cual los consumidores potenciales de productos financieros no tienen acceso a ellos y no

los utilizan en la forma apropiada. El autor analiza el acceso a los siguientes productos financieros por separado: cuentas corrientes, de ahorros, seguros de vivienda y de vida, y pensiones, y estima un modelo probabilístico para cada uno. Las variables independientes analizadas son: género, clase social, edad, composición de la familia, ingreso familiar, etnia, región, logro educativo, situación laboral, número de personas en el hogar y tenencia de vivienda. Aunque los resultados difieren un poco entre productos financieros, algunos son comunes, de tal manera que la población que tiene cualquiera de estos productos financieros es menor de 66 años, tiene vivienda propia, trabaja, no tiene una familia numerosa, es educado y tiene ingresos altos. Adicionalmente, se encontró que la probabilidad de tener cuenta de ahorros es más alta si la persona tiene cuenta corriente. También, es interesante que la probabilidad de tener seguros de vida y vivienda aumente con la edad. Asimismo, quienes tienen pensiones suelen tener cuenta corriente.

Los resultados de estos estudios para el caso del Reino Unido no difieren demasiado de lo que se ha encontrado para los Estados Unidos. Rhine y Greene (2006) elaboraron un modelo exclusivamente para inmigrantes, tratando de establecer los factores que inciden en la probabilidad de que estén o no bancarizados. Para ello utilizan una encuesta longitudinal en la cual participan más de 80.000 hogares durante cuatro años (cerca de un 90% inmigrantes). Los autores utilizan como definición de exclusión financiera la no tenencia de cuenta corriente o cuenta de ahorros. Entre las variables que explican la no bancarización entre los inmigrantes de los Estados Unidos se encuentran el ser mujer, tener bajo nivel educativo, devengar ingresos menores a la línea de pobreza y pertenecer a regiones del sur o el este. Los bancarizados inmigrantes son, además, jóvenes, casados, trabajan más horas a la semana, tienen un nivel de patrimonio alto, devengan altos ingresos, son residentes, ciudadanos estadounidenses o migraron antes de los años ochenta. Entre los nativos estadounidenses las variables que explican la bancarización son ser mujer, estar casado, tener patrimonio e ingresos altos y pertenecer a la región del norte. Los no bancarizados son jóvenes, con bajo nivel educativo, tienen una familia numerosa, devengan ingresos por debajo de la línea de pobreza y viven en el sur de los Estados Unidos.

Para el caso canadiense, Buckland y Simpson (2009) hacen análisis intertemporales sobre la exclusión financiera. Utilizan como concepto de exclusión financiera no tener acceso a ningún producto financiero formal, ya sea de pago, ahorro o crédito⁶. Los autores analizan el papel que cumple la alfabetización financiera, y encuentran que una de las causas por las cuales las personas no acceden al sistema financiero es que no entienden los productos ofrecidos por las entidades financieras. Los resultados muestran que, al igual que en los trabajos anteriores, las personas no bancarizadas tienen, por lo general, bajos ingresos y riqueza, son jóvenes, con bajo nivel educativo, una familia numerosa y pertenecen a zonas específicas caracterizadas por pobreza. Por su parte, la edad, el ingreso y la riqueza muestran una relación no lineal con la bancarización de acuerdo con la teoría del ciclo de vida.

El trabajo de Grimesm *et al.* (2010) también trata de entender el papel que cumple la educación financiera impartida en la escuela, en el proceso de bancarización de los indi-

6 En dicho trabajo se utilizaron varios conceptos de exclusión financiera: i) no acceso a una cuenta bancaria, ii) ausencia de tarjeta de crédito y iii) uso de alternativas financieras informales.

viduos en la adultez. Para ello utilizan los datos de la *Encuesta nacional de servicios financieros* y, para medir la educación financiera, utilizan cuatro definiciones⁷. Encuentran una relación positiva y significativa de estas cuatro variables sobre la bancarización en la población adulta.

1.2.3 Países emergentes

Existe una vasta literatura que analiza este tema en países emergentes, especialmente concentrada África. A diferencia de lo que ocurre con países desarrollados, los trabajos sobre determinantes de la exclusión financiera combinan variables tradicionales de demanda con algunas variables de oferta y de informalidad. En general, las variables involucradas tienen que ver con ingresos y riqueza, educación en general, educación financiera, y actitud de los individuos frente a las decisiones futuras que son, junto con los controles, determinantes usuales.

Por ejemplo, Johnson y Nino-Zarazua (2011) estudian los determinantes de la no bancarización en Kenia y Uganda, utilizando el concepto de *financial access strands*, el cual clasifica los servicios financieros en formales, semiformales e informales⁸. Esta definición les permite ubicar a cada encuestado en una categoría de uso de servicios del sistema financiero única y excluyente, dependiendo del servicio más formal que utilicen y, en cada país, se corre una regresión logística para cada *financial access strand*. Para ello se basan en encuestas de acceso a servicios financieros en estos dos países, cuyos resultados muestran similitudes.

En el caso de Uganda las variables que explican la no bancarización son ser pensionado o vivir de transferencias de la familia o los amigos, ser empleado doméstico, vender productos agrícolas, tener un bajo nivel educativo y pertenecer a regiones del centro de ese país. En el caso de Kenia, además de las mencionadas para el caso anterior, también influyen negativamente ser joven, pertenecer al sector rural, vivir en la región nororiental, ser mujer, y no tener suficiente comida para alimentar a la familia.

Para el caso de Ghana el trabajo de Osei-Assibey (2009) avanza en la fundamentación teórica de la exclusión financiera proponiendo factores de oferta y demanda. En cuanto a la oferta, le otorga un papel muy importante a la decisión de los bancos de ubicar sucursales en determinados lugares y, por el lado de la demanda, expone qué aspectos de los hogares, como la cultura, la religión y los conocimientos financieros, determinan el uso de los servicios financieros. Para ello utilizan el concepto de frontera de posibilidades de

7 Una en sentido amplio, otra más rigurosa, finanzas personales y el emprendimiento, a saber: el concepto de educación económica en sentido amplio se refiere a si el encuestado tomó cursos de economía, finanzas personales o emprendimiento en la escuela secundaria; en sentido estricto, se refiere a si tomó únicamente cursos de economía. Las finanzas personales se refiere a si asistió a cursos de este tema, así como sucede con el emprendimiento.

8 Aunque los productos ubicados en cada clasificación varían de acuerdo con cada país, en general los servicios financieros formales se definen como los productos ofrecidos por los bancos, sociedades de crédito hipotecario y las compañías de seguros; como semiformales se encuentran los ofrecidos por las cooperativas de ahorro y crédito y las instituciones de microfinanzas, y como informales están las asociaciones de crédito y ahorro rotativo (*rotating savings and credit associations*: Roscas).

acceso, definida como la máxima cantidad de población que puede ser atendida por las instituciones financieras para un conjunto dado de variables de estado⁹.

Basados en una encuesta aplicada en Ghana entre 2005 y 2006, los autores tratan de validar algunas de estas hipótesis. Encuentran que entre los determinantes de tener una cuenta bancaria están: i) el ingreso del hogar, ii) la etnia, iii) el nivel educativo, iv) la edad del jefe de hogar, v) el género, vi) la situación laboral y vii) la recepción de remesas. También son significativos, por el lado de la oferta, los precios de los productos financieros y la distancia de las sucursales bancarias a los lugares de residencia de los individuos.

King (2011) elabora un estudio para Nigeria, caso de interés porque el 80% de la población no se encuentra bancarizada. Además de variables socioeconómicas, el autor incluye otras como desarrollo del sistema financiero, crimen, corrupción e informalidad. Se obtiene que para el acceso al sistema financiero resultan significativas las variables: i) nivel de formalización, ii) ingresos, iii) escolaridad, iv) edad, v) género, vi) si tiene teléfono celular o no, vii) el tiempo que gasta al supermercado más próximo, viii) si vive en el área urbana o rural, ix) la aversión al riesgo, x) el conocimiento acerca del sistema financiero, xi) el acceso a servicios públicos, xii) los sobornos, xiii) la confianza social, xiv) el crimen, xv) el número de sucursales bancarias por millón de habitantes, xvi) el número de cajeros por millón de habitantes, xvii) el número de instituciones de microfinanzas y xviii) el PIB per cápita.

Un estudio que cubre a varios países emergentes es el realizado por Al-Hussainy *et al.* (2008), el cual analiza los determinantes de la bancarización en Armenia, Bulgaria, Ghana, Guatemala, Jamaica, Nicaragua y Rumania, usando doce encuestas sobre acceso a servicios financieros. Utilizan el mismo tipo de variables que se han mencionado hasta ahora y obtienen resultados en la misma dirección.

Solo y Manroth (2006) realizan el único trabajo de características similares para Colombia. Estos autores utilizan un concepto de bancarización que incluye a los hogares o individuos que tienen depósitos en alguna institución financiera formal, incluyendo cooperativas o uniones de crédito reguladas. Utilizan la Encuesta general de medios del año 2000, y de sus análisis empíricos concluyen que la mayor parte de los no bancarizados son pobres, tienen una tasa de desempleo tres veces mayor que los bancarizados, por lo general pertenecen al sector informal, son trabajadores domésticos o de un negocio familiar sin paga, tienen niveles educativos más bajos, se encuentran en regiones más alejadas en términos geográficos de donde hay sucursales de entidades financieras y reciben su salario en efectivo.

En cuanto a la literatura que hace énfasis en los determinantes de la exclusión financiera por el lado de la oferta, las barreras claves que se han identificado son las siguientes: i) un deficiente conocimiento sobre las necesidades y preferencias financieras de los hogares y las firmas excluidas; ii) la rigidez de la oferta de productos financieros para adecuarse a dichas necesidades; iii) la ausencia de incentivos que induzcan a los intermediarios financieros a ofrecer tales productos especializados en el mercado potencial de

9 Las variables de estado son las siguientes: tamaño de mercado, fundamentales macroeconómicos, tecnología disponible, nivel promedio y distribución del ingreso per cápita, calidad de infraestructura de transporte y comunicación, efectividad del marco contractual y nivel de inseguridad, asociado con el crimen, violencia y terrorismo.

los excluidos; iv) la falta de desarrollos tecnológicos que permitan reducir los costos de la oferta; v) los altos costos de atender regiones apartadas, y vi) la baja rentabilidad que obtiene la población más pobre por el uso de productos financieros formales (Demirgüç-Kunt y Klapper L, 2012).

También, se han mencionado en la literatura como determinantes de la exclusión financiera a la debilidad de los mecanismos de protección al consumidor financiero, que evite posiciones dominantes del lado de la oferta, así como comportamientos financieros inadecuados por el lado de la demanda que ponen en riesgo la estabilidad financiera de los hogares. Otro factor que se señala es la poca flexibilidad del marco legal y normativo del sector financiero que desestimula la innovación de los proveedores de servicios financieros de cara a las necesidades de los excluidos y la falta de una genuina política de competencia en el sector financiero de muchos países, la cual promueva más innovación desde la oferta que permita atender adecuadamente a este tipo de población.

2. SITUACIÓN DE LA INCLUSIÓN FINANCIERA EN COLOMBIA

2.1 Situación general

Trabajos recientes como el *Reporte de Inclusión Financiera* (Superintendencia Financiera de Colombia y Banca de las Oportunidades, 2012) y el *Informe de Inclusión Financiera* (Asobancaria, 2012) han presentado análisis desde el punto de vista de la oferta de servicios financieros para el contexto colombiano. Estos trabajos se caracterizan por ser representativos del ámbito nacional e incluir análisis específicos de segmentos del mercado. Infortunadamente, no se encuentra la misma cantidad de información desde el punto de vista de la demanda. Algunas excepciones son la *Encuesta nacional sobre servicios financieros informales*¹⁰, la *Encuesta de línea de base* del Programa Oportunidades Rurales¹¹, y la *Encuesta de carga y educación financiera de los hogares*¹², las cuales presentan información para algunos segmentos poblacionales o de los servicios financieros.

La ausencia de información no ha sido impedimento para que en lo regulatorio se registren importantes avances. En el *Reporte de Inclusión Financiera* de 2012, la Banca de las Oportunidades y la Superintendencia Financiera de Colombia muestran cómo en Colombia se ha implementado un desarrollo normativo importante en la última década, el cual comenzó con la creación del programa de Banca de las Oportunidades¹³. En el Anexo

10 Realizada en 2008 por Econometría, S. A., para la U. S. Agency for International Development (Usaid). Se consultó a una muestra de 1.200 hogares y microempresas de estratos 1, 2 y 3, tanto urbanos como rurales, representativos en el ámbito nacional.

11 La *Encuesta de línea base* fue realizada en 2008 por MVI Social SRL para el Ministerio de Agricultura. Fue diligenciada por 4.470 personas que habitan zonas rurales de Bolívar, Córdoba, Huila, Nariño, Santander y Sucre.

12 Realizada por el Banco de la República para población de Bogotá que contara con algún producto financiero del sistema bancario formal. La encuesta ofrece información más detallada sobre el uso de los servicios financieros y, en general, sobre el comportamiento financiero de los hogares.

13 Mediante el documento Conpes 3424 de 2006 se creó la Banca de las Oportunidades con el fin de identificar las barreras regulatorias que impedían el acceso a productos financieros, coordinar esfuerzos y fijar metas con el sector privado y proveer subsidios directos a la oferta y la demanda por este tipo de productos y servicios.

1 de este documento se presenta una relación detallada de las normas expedidas en los últimos años sobre este aspecto particular.

En los últimos ocho años la inclusión financiera en Colombia ha avanzado de manera considerable en términos de mayor acceso gracias a la intervención coordinada del Gobierno y el sector privado, cuyo resultado ha sido el diseño de productos de trámite simplificado, una mayor protección al consumidor, los incentivos para la oferta de micro-créditos y seguros, y la expansión de la banca móvil.

Entre 2006 y 2013 la banca pasó de tener presencia en el 72,4% de los municipios del país a estar en el 99,9%, por medio de la expansión de corresponsales bancarios, principalmente, fomentados por Banca de las Oportunidades.

En esta misma vía, en 2009 Colombia pasó de tener el 57,3% de adultos con algún servicio financiero de ahorro o de crédito a un 67,2% en 2012 (Cuadro 1). Cerca del 56% de la población tenía una cuenta de ahorro finalizando 2012; sin embargo, el 48% no había sido utilizado en los últimos seis meses (Cuadro 1). Este dato revela que, aunque Colombia ha avanzado en términos de dar acceso y bancarizar a la población, aún tiene un importante camino por recorrer en términos de lograr su uso efectivo.

Cuadro 1
Bancarización en Colombia, 2007-2012

Año	Población adulta	Personas con al menos un producto financiero	Indicador de bancarización (porcentaje)
2007	28.100.679	15.514.127	55,21
2008	28.665.007	15.921.080	55,54
2009	29.243.976	16.762.956	57,32
2010	29.834.750	18.558.773	62,21
2011	30.423.847	19.744.908	64,90
2012	31.006.092	20.827.472	67,17

Fuentes: Cifin y DANE; cálculos Asobancaria.

Por su parte, la *Encuesta de capacidades financieras* (del Banco Mundial y el Banco de la República), que presenta datos por el lado de la demanda, muestra que solo el 25% de los colombianos afirma tener una cuenta de ahorros. Esta discrepancia entre los datos de oferta y demanda puede explicarse por los bajos niveles de educación financiera por parte de la población de menores ingresos que puede no reconocer la tenencia del producto de ahorro, a pesar de contar con aquel (este podría ser el caso particular de los receptores de transferencias monetarias condicionadas); por otra parte, también puede estar explicado por los cuentahabientes, que al no haber hecho uso de la cuenta por varios meses pueden considerar que ya no tienen una cuenta de ahorros.

En cuanto a productos de crédito en Colombia, de acuerdo con datos de la encuesta *Findex* (Banco Mundial, 2011), en 2010 solo un 12,1% de la población mayor de 15 años afirmó solicitar crédito a las instituciones financieras, mientras que la principal fuente de crédito de los colombianos sigue siendo informal, el 16,9% acude a su familia y amigos.

También, resulta preocupante que en nuestro país solo una pequeña porción de los ciudadanos llega a la edad adulta con un esquema pensional o con ahorros suficientes para enfrentar la vejez, lo cual se constituye en una forma de exclusión financiera. Esto es especialmente crítico en el caso de las mujeres.

Como consecuencia de este bajo nivel de uso de productos financieros (que está muy concentrado en los grupos más vulnerables), en Colombia se han querido impulsar las microfinanzas. Desde su creación, este tipo de servicios financieros se concibieron para erradicar la pobreza de una forma diferente.

Dentro del marco de las microfinanzas, el microcrédito cumple un papel fundamental. En Colombia Banca de las Oportunidades ha promovido programas de microcrédito que benefician a microempresarios sin acceso al crédito formal, generando incentivos a las entidades financieras y desarrollando la tecnología microcrediticia requerida por las instituciones financieras interesadas.

Entre 2007 y 2013 el número de personas con microcrédito casi se ha triplicado. El número de entidades con modelos especializados de microcrédito ha crecido de forma importante en el mercado colombiano, segmento que antes de 2005 se caracterizaba por estar atendido especialmente por organizaciones no gubernamentales (ONG).

En Colombia hay un espacio importante para expandir la oferta de microcrédito hacia segmentos de menor ingreso: según cálculos del Banco de la República (2010), la demanda potencial para microcrédito se estima abastecida solo en un 17,6%. Los resultados del *Reporte de la Situación Actual del Microcrédito en Colombia* de diciembre de 2013 muestran que las entidades perciben la falta de información con respecto a la capacidad crediticia del deudor como uno de los obstáculos principales para aumentar la oferta de microcrédito. En este sentido, sería conveniente avanzar en el diseño de registros públicos de crédito. Todo lo anterior debe ir acompañado de una supervisión permanente para evitar el deterioro de dicha cartera.

De acuerdo con la evaluación económica de Colombia (OCDE, 2013), las microempresas y las empresas pequeñas y medianas corresponden al 99% de los 2,7 millones de establecimientos que existen en el país. Sin embargo, según el *Reporte de la Situación del Crédito* (Banco de la República, 2014) las pymes reciben solo el 14% de los préstamos comerciales y el acceso a financiación por parte de los bancos continúa concentrado en las empresas grandes y medianas.

En cuanto a los sectores, el agropecuario es el que tiene menor acceso a crédito, si se considera que a diciembre de 2013 este representaba el 4,4% del total de la cartera comercial. Además, de acuerdo con las encuestas sobre la situación del crédito y microcrédito (Banco de la República, 2014) los intermediarios financieros lo siguen percibiendo como uno de los sectores menos rentables y con mayores problemas de información. Por esta razón, las líneas de crédito siguen dejando por fuera a productores más riesgosos.

Las actividades económicas rurales y agropecuarias de las personas y empresarios micro, pequeños y medianos requieren especial atención, considerando que los servicios financieros rurales son un reto sin abordar aún por parte de la política pública. Sobra recordar la importancia de estimular el desarrollo rural para consolidar la agenda de paz, para lo cual el acceso y el uso de los servicios financieros será una herramienta muy útil.

La expansión de plataformas transaccionales de bajo costo para los usuarios, como la banca móvil, y los nuevos servicios financieros desarrollados en torno de esta encuentran

grandes dificultades para lograr una implementación generalizada por la desconfianza que persiste acerca de las condiciones de seguridad y accesibilidad de estos servicios, particularmente en zonas apartadas.

Durante 2009 y 2010 se fortaleció la regulación de protección al consumidor financiero, haciendo obligatorio para las entidades financieras realizar un adecuado suministro de información de sus productos financieros y sus tarifas; el fortalecer la protección de información financiera personal; implementar sistemas de medición de la calidad de los servicios financieros; establecer relaciones contractuales más equitativas y seguras entre intermediarios financieros y consumidores, y fortalecer los mecanismos de recepción de quejas por parte de las entidades vigiladas, las defensorías y la misma SFC. Pese a estos importantes avances, para gran parte de la población aún son desconocidos dichos mecanismos de protección.

Adicionalmente, se ha avanzado en la promoción de la educación financiera como estrategia para lograr un entendimiento y uso efectivo de los productos y servicios financieros. En 2009 se incorporó la educación financiera como principio en la prestación de servicios financieros y se impartieron obligaciones para las entidades financieras de desarrollar programas y campañas.

A pesar del trabajo que los sectores privado, público y las ONG han realizado para promocionar la educación financiera, los niveles de capacidades financieras siguen siendo bajos. En la encuesta de capacidades financieras del Banco Mundial (2012) se destaca que el horizonte de planificación financiera de la mayoría de los colombianos (55%) es de corto plazo, por lo que no resulta extraño que solo un 65% de los colombianos considere que está en capacidad de afrontar un gasto imprevisto, y solo el 25% esté realizando aportes para su pensión. La encuesta también destaca que el 69% de la población afirma que nunca le habían enseñado a administrar el dinero, y aunque más de un 70% fue capaz de responder correctamente a preguntas sobre conocimientos financieros básicos, como la definición de inflación y el concepto de intereses de un préstamo, el porcentaje se reduce sustancialmente cuando se deben hacer cálculos sencillos sobre el interés simple y compuesto (35% y 26%, respectivamente), conceptos básicos para el manejo adecuado de los productos de crédito o ahorro (que posee el 69% de la población colombiana).

Vale la pena resaltar que recientemente el gobierno nacional presentó la estrategia de inclusión financiera de Colombia¹⁴ con la cual se define la política, los lineamientos y las herramientas tendientes a mejorar la inclusión financiera en el país. La estrategia prevé como prioridades la promoción del uso de servicios financieros urbanos y rurales, el acceso a crédito por parte de las pymes, la educación financiera y la provisión de servicios transaccionales para población no incluida. Este es sin duda un importante avance para lograr una mayor coordinación de los esfuerzos de los diferentes actores involucrados. Como parte integral de esta estrategia, el 28 de febrero de 2014 se firmó el Decreto 457 del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, por el cual se crea la Comisión Intersectorial para la Educación Financiera, con cuyo trabajo se elaborarán los lineamientos de la educación financiera en el país, y que será el órgano de coordinación y orientación superior de dicha estrategia.

14 Está en marcha la firma del Decreto por el cual se crea la Comisión Intersectorial para la Inclusión Financiera.

Más allá del “acceso” (bancarización), dimensión en la que el país ha adelantado mucho en los últimos años¹⁵, si el país quiere lograr una auténtica inclusión financiera, es fundamental avanzar en lograr un uso efectivo de los servicios financieros. Para esto se requiere de los esfuerzos conjuntos y coordinados de los sectores público y privado con el fin de reducir las fallas de mercado que aún persisten y continuar ajustando el marco regulatorio para garantizar el bienestar de los consumidores financieros y la sostenibilidad de la inclusión en el largo plazo. Adicionalmente, se deben fortalecer políticas que permitan la inclusión de la población de bajos ingresos, contemplando la población pobre, así como la microempresa rural y urbana, donde se ha avanzado en forma importante en términos de facilitar el acceso, pero donde se deben encontrar mecanismos que fomenten su uso para lograr obtener los beneficios esperados en materia de reducción de la pobreza e impacto en el desarrollo económico equitativo. Asimismo, debe enfocarse hacia socializar los avances en protección del consumidor financiero y hacia la defensa de la competencia en el sector.

2.2. Encuesta de capacidades financieras de Colombia (Banco Mundial y Banco de la República)

2.2.1. Descripción general

La *Encuesta de capacidades financieras* fue un proyecto del Banco Mundial, financiado con recursos del Russia Financial Literacy and Education Trust Fund, cuyo objetivo es generar una medición robusta y comparable entre países de ingresos bajos y medios de los conocimientos, las actitudes y los comportamientos financieros de la población. Este proyecto se concretó para siete países: Armenia, México, Uruguay, Líbano, Nigeria, Turquía y Colombia, cuyos resultados se obtuvieron en 2012.

La encuesta buscó recolectar información sobre las características sociodemográficas, las prácticas de la administración diaria del dinero, de la planificación para el futuro, del uso de los productos financieros, la toma de decisiones sobre los mismos y los conocimientos financieros, entre otros (Cuadro 2); sin embargo, la encuesta no indagó sobre variables de oferta, como el tipo de productos de las entidades financieras, sus costos o la extensión de sus redes a lugares asequibles para los distintos grupos encuestados.

En Colombia la institución estatal encargada de aplicar la encuesta fue el Banco de la República. La encuesta colombiana es representativa en el ámbito nacional (urbano y rural), cuya muestra está compuesta por 1.526 adultos mayores de 18 años de edad que reportaron tomar decisiones financieras para su hogar, y quienes fueron seleccionados aleatoriamente de cada hogar mediante el uso de la matriz de Kish. Aquellas personas fueron entrevistadas cara a cara en su casa por el personal de la firma Invamer durante junio de 2012.

15 A diciembre de 2012 el 69% de la población mayor de 18 años tenía al menos un producto financiero.

Cuadro 2

Componentes de la Encuesta de capacidades financieras

Componente de comportamientos	
Presupuestar	Si las personas planean cómo gastar su dinero, qué tan frecuentemente realizan un presupuesto y qué tan exacto lo hacen, y con qué frecuencia se guían por el presupuesto.
Vivir dentro de los medios	Si las personas se ven cortas de dinero por gastar de más, qué tan frecuentemente piden préstamos, y si tienen la capacidad de responder ante los préstamos que solicitan.
Monitoreo de los gastos	Qué tan exactamente sabían los encuestados cuánto dinero habían gastado y cuánto tenían disponible para gastar.
Uso de información	Combinación entre adquirir información y consejos antes de tomar decisiones financieras importantes, aprender de los errores en materia financiera de otros, y ser disciplinados.
No gastar de más	Qué tan frecuentemente los encuestados compran cosas que no se pueden permitir o compran cosas innecesarias antes de comprar los artículos esenciales.
Cubrir gastos inesperados	Las personas son capaces de, o expresan preocupación sobre, cubrir gastos inesperados.
Ahorrar	Qué tan regularmente las personas tratan de ahorrar para el futuro, si ahorran regularmente (así sea poco), y si tienen provisiones para emergencias y gastos inesperados.
Componente actitudinal	
Actitud sobre el futuro (preferencia intertemporal)	Las personas tienen mayor orientación hacia el futuro frente al presente.
No impulsividad	Las personas actúan sin antes pensarlo bien, se identifican a sí mismos como impulsivos y hablan sin pensar.
Orientación hacia los logros	Las personas buscan continuamente oportunidades, tienen aspiraciones y trabajan fuertemente para ser los mejores.
Componente de educación financiera	
Conocimientos financieros	Las personas saben realizar cálculos matemáticos básicos; comprenden el concepto de inflación y tasa de interés, y pueden realizar cálculos sencillos sobre estos.
Canales de la educación económica y financiera	Se pregunta a los encuestados si han recibido información sobre programas de educación financiera, y por qué medio la han recibido.
Componente específico para Colombia	
Transferencias monetarias condicionadas (TMC)	Se pregunta a los encuestados si son beneficiarios de las TMC, indicando el tipo de transferencia (monetaria o especie) y el canal mediante el cual la reciben.
Perspectivas financieras de los hogares	Se pregunta a los encuestados cómo perciben la situación financiera presente de su hogar, a la vez que se pide dar su perspectiva frente a su situación financiera en el futuro.

Fuente: Banco Mundial (2013).

El diseño de la muestra contempló las ponderaciones de género y rangos de edad, según el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE). El muestreo fue probabilístico estratificado y multietápico. La estratificación se realizó por cabecera-resto, por subestratos (regiones) con tamaños de muestra proporcionales con las poblaciones de Colombia, y conglomerados desiguales (manzanas). La selección de las manzanas fue seguida por un muestreo aleatorio simple de los hogares y de las personas. El resumen de las características de la encuesta se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3
Ficha técnica de la Encuesta de capacidades financieras para Colombia

Tipo de entrevista	Cara a cara en vivienda
Selección de la muestra	Muestreo probabilístico estratificado y multietápico
Público objetivo	Hombres y mujeres de 18 años o más que toman decisiones financieras
Tamaño de la muestra	1.526 personas en el ámbito nacional
Margen de error	El error aproximado es de +/- 2,5 puntos en el ámbito nacional
Nivel de confianza	0,95
Fecha de levantamiento	26 de mayo a 24 de junio de 2012
Representatividad	Nacional, rural y urbana

Fuente: Banco Mundial (2013).

El cuestionario de Colombia fue adaptado para incluir preguntas de la encuesta sobre conocimientos financieros (del estudio INFE OCDE, 2012), así como preguntas adicionales sobre la participación en los programas de subsidios del Gobierno que no formaban parte del núcleo común de la encuesta.

Esta encuesta recoge datos de adultos de todas las regiones de Colombia (Mapa 1). Las mujeres están sobrerrepresentadas en la encuesta (63% de mujeres frente a 37% de hombres) y la distribución por edad de la población adulta fue cubierta: de los encuestados, 29% están entre 18 y 25 años; 35% están entre 26 y 46 años; 22% entre los 47 y 59, y 14% son mayores de 60 años. Un resumen estadístico de las variables sociodemográficas se presenta en el Cuadro 4.

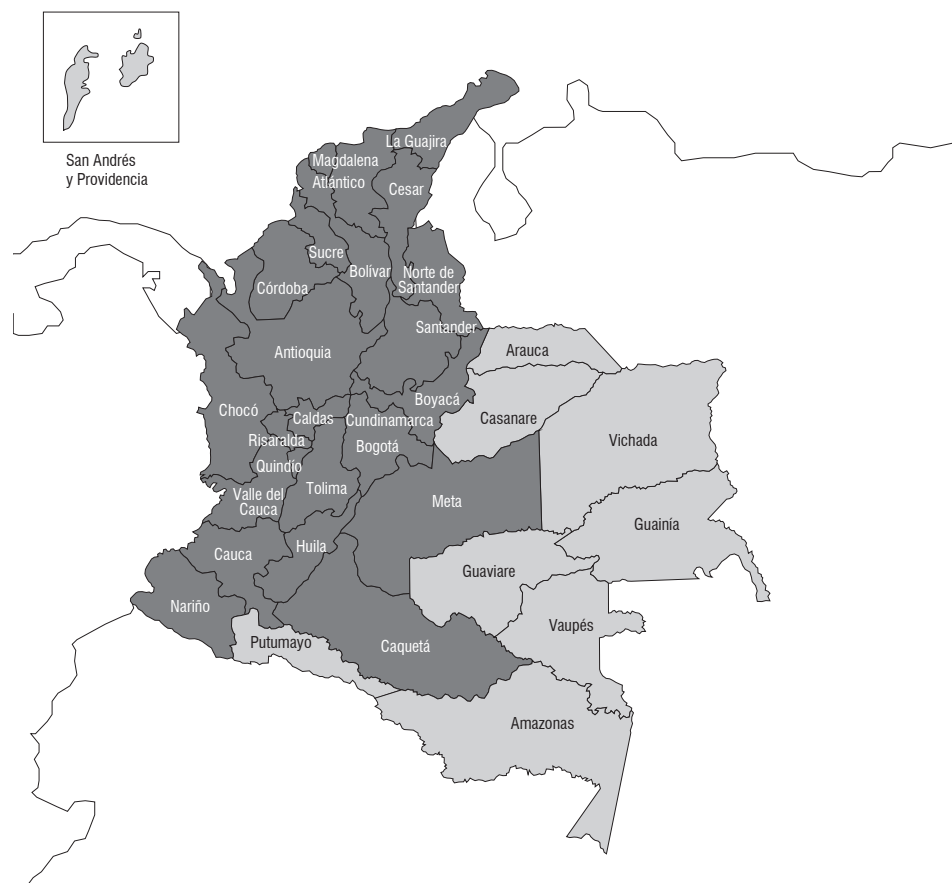
2.2.2 Algunos resultados descriptivos de la encuesta

Los principales resultados descriptivos reportados en el documento “Financial Capabilities in Colombia: Results from a National Survey on Financial Behaviors, Attitudes and Knowledge” (Banco Mundial, 2013) son:

Administración diaria del dinero

- Un 91% de las personas seleccionadas para la encuesta manifestó ser responsable de algún aspecto de los gastos del hogar; en la mayoría de los casos el papel de la mujer es fundamental.

Mapa 1. Cobertura de la encuesta



Nota: departamentos encuestados en gris oscuro, departamentos no encuestados en gris claro.

Fuente: Banco Mundial.

- A pesar de que casi todos los colombianos informan que planean su presupuesto, la administración diaria del dinero es imprecisa. El bajo nivel de precisión es notorio frente a los otros países en los cuales se aplicó esta misma encuesta.

Llegar a fin de mes y planificar

- A pesar de que el plazo de su horizonte de planificación es relativamente corto, más del 80% de los colombianos señala tener una firme orientación hacia el logro de sus objetivos.

Cuadro 4
Resumen estadístico de las variables sociodemográficas^a

Variable	Categoría	Porcentaje
Género	Hombre	36,04
	Mujer	63,96
Edad	18 y 29	22,87
	30 y 49	41,74
	50 y más	35,39
Nivel educativo	Ninguna	7,48
	Preescolar	2,43
	Básica primaria	26,51
	Básica secundaria	14,76
	Media	28,22
	Superior	20,6
Ubicación	Urbano	69,79
	Rural	30,21
Situación laboral	Empleado formal	19,72
	Empleado informal	6,03
	Autoempleado	9,96
	Desempleado	2,88
	Retirado	5,64
	Trabajador doméstico	24,25
	Otro	31,52
Quintil de ingresos (millones)	No reporta	18,09
	Quintil 1 (< 0,3)	14,22
	Quintil 2 (0,3-0,5)	16,91
	Quintil 3 (0,5-0,7)	17,56
	Quintil 4 (0,7-1,2)	13,89
	Quintil 5 (> 1,2)	19,33
Tamaño del hogar	Entre 1 y 2 personas	25,69
	Entre 3 y 4 personas	45,28
	5 personas	14,02
Productos financieros formales	Entre 6 y 13 personas	15,01
	No tiene	46,79
	Tiene al menos 1	53,21
Total		100

^a En el Anexo 2 se presentan estadísticas descriptivas más completas para las variables de la encuesta utilizadas en el ejercicio empírico.

Fuente: Banco Mundial (2013).

- Un número amplio de encuestados (65%) ha experimentado dificultades económicas si se considera el bajo ingreso disponible después de pagar alimentos y otras necesidades básicas, lo cual no les permite afrontar gastos imprevistos.
- Más colombianos hacen planeación financiera para la educación de sus hijos, pero no para las situaciones imprevistas, la vejez o la jubilación.

Uso y selección de productos financieros formales

- Del total de encuestados, un 72% no tenía productos de ahorro y un 45% no tenía ningún producto financiero.
- Aunque más de la mitad de las personas que tienen servicios financieros informó que compara precios y analiza las condiciones antes de seleccionar el producto, sus decisiones se ven limitadas por los escasos conocimientos que poseen sobre las tasas de interés.
- Cerca del 69% de la población encuestada dijo que nunca le habían enseñado a administrar el dinero.
- Aunque la mayoría respondió correctamente las preguntas sobre conocimientos matemáticos básicos, la definición de inflación y el concepto de intereses de un préstamo, el porcentaje de respuestas correctas se reduce a menos de un 30% cuando estas implican cálculos de tasa de interés simple y compuesta.

A pesar de los avances en inclusión logrados en los últimos años, la encuesta nos muestra un panorama desalentador sobre el acceso a los productos financieros en Colombia, así como sobre el nivel de conocimientos y comportamientos con respecto a las decisiones que han de tomar los hogares en esta materia. Con el fin de estudiar mejor este fenómeno en este trabajo, se utilizará dicha encuesta para indagar acerca de los determinantes del bajo nivel de acceso a productos financieros en nuestro país desde el lado de la demanda.

3. ANÁLISIS EMPÍRICO

Este numeral busca contribuir al análisis empírico de la inclusión financiera en Colombia haciendo uso de la *Encuesta de capacidades financieras*. Debido al diseño de la encuesta, el análisis se concentra únicamente en la evaluación de los determinantes desde el lado de la demanda. Infortunadamente, la información disponible no permite completar el ejercicio empírico por el lado de la oferta.

Con el análisis empírico se busca comprobar la relevancia de los determinantes de inclusión financiera que han sido reseñados por la literatura desde el punto de vista de los hogares. Objetivos igualmente importantes del análisis empírico que se propone son: evitar el desperdicio de información de la encuesta y solucionar el problema de multicolinealidad, que es común en la literatura de corte transversal con la que se analiza frecuentemente este tema.

En concreto, este capítulo se concentra en la valoración de los determinantes del acceso a los servicios financieros, definido como la posesión por parte de los hogares de una canasta de productos financieros por los cuales la encuesta pregunta. En vez de definir

inclusión o bancarización a partir de la posesión de un producto financiero, se utiliza la metodología de análisis de correspondencias múltiples para agregar el acceso de los hogares a una canasta de productos específicos, lo cual sirve para superar el problema de desperdicio de información que comúnmente se encuentra en la literatura.

Adicional a esto, la metodología de análisis de correspondencias múltiples también se utiliza en las variables exógenas que serán agregadas por categorías determinantes del acceso a servicios financieros. Con esto se logran superar los problemas de desperdicio de información o de multicolinealidad en las variables explicativas, comunes en la literatura de corte transversal sobre este tema.

Este apartado se divide en cinco subsecciones: en la primera se hace precisión sobre la definición de inclusión financiera con la cual se realizan los ejercicios; en la segunda se explica la metodología de análisis de correspondencias múltiples que se utilizará para agregar información; la tercera contiene un listado de las variables exógenas que se incluyen en las regresiones; la cuarta discute sobre los métodos econométricos utilizados, y la quinta presenta los resultados empíricos. En los anexos se presentan ejercicios adicionales que contribuyen a mostrar la robustez de los resultados.

3.1 Definiciones

La inclusión financiera se puede definir como el acceso generalizado a servicios financieros y su utilización efectiva. Lamentablemente, la información disponible en la *Encuesta de capacidades financieras* no permite corroborar el grado de uso de los productos financieros por los cuales se pregunta.

Debido a esto, no es posible evaluar los determinantes de inclusión para explicar su definición más general y es necesario conformarse con el concepto de acceso, entendido como potencialidad de inclusión, y definido como el contacto con un grupo de servicios financieros a disposición del usuario que no necesariamente son utilizados. En este sentido, el acceso es un “segundo óptimo”, por debajo del concepto de inclusión, pero más útil que el concepto de bancarización, lo cual se limita al uso potencial de un solo producto específico.

La variable de acceso funcionará con un índice, el cual tendrá como valores límite 0 y 1, siendo 0 el nivel más bajo de acceso (ningún producto de la canasta) y 1 el más alto (acceso a todos los productos). Se presentarán varios índices de acceso, haciendo uso de la información de la encuesta, discriminando si son servicios financieros formales o informales, y activos o pasivos. La construcción de los índices se realiza utilizando la metodología de análisis de correspondencias múltiples, que se explica a continuación.

3.2 Análisis de correspondencias múltiples (ACM)

Esta metodología permite agregar la información común de un conjunto de variables categóricas, obteniendo un número pequeño de factores, de tal forma que el primer factor explica la mayor parte de la asociación contenida en los datos; mientras que la información idiosincrásica en las observaciones queda relegada a los demás factores.

La metodología de ACM no se encuentra de manera frecuente en la literatura de inclusión financiera, pero ha sido utilizada antes para propósitos similares. En particular, el trabajo de Booyesen *et al.* (2008) utiliza la metodología para crear un índice de activos y probar hipótesis de pobreza con encuestas cualitativas¹⁶.

A continuación se describe en detalle la metodología de ACM, siguiendo los pasos descritos por Díaz y Morales (2012)¹⁷.

En cada caso, una vez definido el grupo de variables con que se desea trabajar (k), se construye la tabla disyuntiva completa, denominada X , de dimensión $n \times p$; donde n es el número de observaciones de la encuesta, y p es la suma de las categorías de las k variables que se utilizan en el ejercicio. En el caso concreto de este trabajo, n es el número de individuos jefes de hogar o responsables de gastos personales que se constituyen como los sujetos de análisis.

En la tabla disyuntiva completa se asocia cada categoría de cada variable a un código binario, asignando el valor de 1 para la categoría de la variable escogida por el individuo en la encuesta, y 0 para el resto de categorías de la misma variable. Este es el caso para cuando las categorías de la variable en la encuesta son excluyentes.

A partir de esta tabla se construye la tabla de Burt (1977), B , de tamaño $p \times p$, que contiene las frecuencias cruzadas de las categorías de las k variables incluidas en el análisis:

$$B = X'X \quad (1)$$

La tabla de Burt es una matriz cuadrada y simétrica. Está compuesta por submatrices cuadradas, donde aquellas matrices en la diagonal también son simétricas y contienen las frecuencias de las categorías de cada variable. Las sub-matrices de la tabla de Burt que están por fuera de su diagonal contienen las frecuencias cruzadas de las categorías de las variables (por pares).

Se define la matriz D , de dimensión $p \times p$, como el producto punto de una matriz identidad y la tabla de Burt

$$D = I \cdot B, \quad (2)$$

que solo contiene las frecuencias de cada categoría, por variable, en su diagonal, y ceros fuera de la diagonal.

Posteriormente, se procede a buscar un factor en dirección a un vector unitario u_1 , sobre el cual se recoja la máxima inercia proyectada (el primer factor). Para tal factor se define la matriz S :

16 En ese trabajo se señalan las principales ventajas de utilizar ACM en comparación con la alternativa de análisis de componentes principales (ACP), el cual es más utilizado en macroeconomía y para variables continuas. En particular, se argumenta que el ACM impone menos restricciones para el análisis de los datos en comparación con el ACP. El Anexo 3 muestra ejercicios de regresión paralelos utilizando ACP. En general, los resultados son menos satisfactorios que cuando se utiliza ACM pero, sobre todo, los factores con componentes principales no son confiables porque no han sido calculados con variables de dominio infinito.

17 Los códigos del cálculo de las contribuciones de cada categoría al primer factor y la inercia para cada variable relevante se encuentran a petición del lector en ngarcibo@banrep.gov.co.

$$S = \frac{1}{\kappa} BD^{-1}, \quad (3)$$

y se calculan sus valores (λ_k) y vectores (u_k) propios. Se define $\phi\alpha = D^{-1}u\alpha$ para encontrar la contribución (π_j) de la categoría j de la variable k al α -ésimo factor (ϕ_α):

$$\pi_j = \phi_\alpha \frac{x_{.j}}{n\kappa}, \quad (4)$$

donde los x_j son las frecuencias marginales de las columnas de la tabla disyuntiva completa, y el cociente $\frac{x_{.j}}{n\kappa}$ es la masa de cada una de las categorías de las variables. El factor se construye como una combinación lineal de las categorías (codificadas 0-1) multiplicadas por su contribución (π_j), según la ecuación (4).

3.3 Variables

Como se explicó, las variables endógenas y algunas de las exógenas surgen de los factores que se calcularon con el ACM. Se calcularon once factores en total, siete corresponden a las diferentes definiciones de acceso o inclusión financiera propuestas en este trabajo, que son alternativas de variable endógena. Los cuatro factores restantes se calcularon para reunir información considerada exógena, agrupada en las siguientes categorías: variables económicas, necesidades de liquidez, preferencias intertemporales (frente al dinero), y actitudes financieras. Adicionalmente, se incluyeron 5 variables sociodemográficas como control en las regresiones. Los factores se describen a continuación.

3.3.1 Alternativas para variable endógena

La *Encuesta de capacidades financieras* contiene preguntas sobre trece diferentes productos financieros. En particular, cada sujeto de análisis contestó si accedía o no a ocho productos activos o cinco productos pasivos (desde el punto de vista del hogar) ofrecidos en Colombia.

Las preguntas utilizadas para generar las variables endógenas tenían solo dos categorías de respuesta: sí (tiene el producto) o no (no cuenta con él). Se preguntó por los servicios activos formales: cuenta de ahorros, cuenta corriente, inversiones financieras, seguros de vida, pensiones, seguros generales y microseguros; y por los servicios pasivos formales: tarjeta de crédito, crédito formal, microcrédito e hipotecas. Adicionalmente, se preguntó por el uso de servicios informales activos o pasivos¹⁸.

Se calcularon siete índices como alternativas de variable endógena, que al ser en cada caso los primeros factores del grupo de variables consideradas, se pueden entender como

18 La encuesta sólo preguntó por productos financieros de forma general, no hubo especificidad en la pregunta ni se permitió en la consignación de la respuesta. Concretamente, se preguntó si se utilizaban productos activos (de ahorro para el hogar) y/o pasivos (de endeudamiento del hogar).

índices de acceso al sistema financiero colombiano. Tales índices resultaron (como era de esperarse) con un soporte entre 0 y 1: entre más cercana a 1 la observación de un individuo, más acceso a un mayor número de productos financieros contenidos en el índice. Los siete índices son: todos los servicios financieros, todos los formales, servicios financieros activos (desde el punto de vista del hogar), solo servicios activos formales, servicios financieros pasivos, solo servicios pasivos formales y servicios financieros informales.

El Cuadro 5 presenta el resumen de las contribuciones de cada característica de las variables incluidas en los siete índices descritos (en las columnas). En cada columna los pesos suman 100%. Los pesos calculados con ACM coinciden con la literatura en ponderar con mayor medida las cuentas de ahorro y las tarjetas de crédito, como los productos activo y pasivo, respectivamente, más característicos del acceso financiero. En la parte inferior del cuadro se presentan el número de observaciones y el porcentaje de inercia de todas las variables incluidas por cada indicador. Se puede observar que los indicadores explican entre el 82,2% y 99% de la inercia de las variables incluidas en cada caso.

3.3.2 Variables exógenas

Con información de la *Encuesta de capacidades financieras* se construyeron cuatro índices con ACM y uno simple para probar su importancia para determinar el acceso a productos financieros por parte de los hogares. Adicionalmente, en las regresiones se incluyeron nueve variables de control sociodemográficas, con el objeto de observar resultados insesgados para los índices propuestos. Las variables de control incluidas fueron: género, edad, edad al cuadrado, estado civil, tamaño del hogar, ubicación geográfica, último año de estudio, establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes y programas de subsidios¹⁹.

Los cinco índices (4 con ACM y uno simple) que se quieren evaluar como determinantes en este trabajo son: variables económicas, necesidades de liquidez, índice de preferencias intertemporales, índice de actitudes financieras, e índice de conocimientos financieros. A continuación se argumentan las razones que respaldan la inclusión de estos índices en las regresiones y su composición a partir de preguntas de la encuesta²⁰.

- Índice de variables económicas: se espera una relación positiva con el acceso a productos financieros, por dos razones: por el lado de la oferta de servicios financieros, los proveedores están incentivados a “capturar” a las personas con mayores ingresos debido a que las rentas que se derivan del manejo de sus recursos logran compensar el costo de “captura”. Por el lado de la demanda, la relación

19 La inclusión de estas variables de control se soporta en la literatura previa sobre inclusión, en particular en los trabajos sobre: género (Lusardi y Mitchell, 2008); edad (Buckland y Simpson, 2009; Johnson y Nino-Zarazua, 2011; Al-Hussainy *et al.*, 2008; Osei-Assibey, 2009); estado civil (Delvin, 2005; Rin y Greene, 2006; Al-Hussainy *et al.*, 2009; Demirguc-Kunt, y Zia, 2008; Johnson y Nino-Zarazua, 2011; Rin y Greene, 2012; Buckland y Simpson, 2009); y tamaño del hogar (Delvin, 2005; Rin y Greene, 2006; Buckland y Simpson, 2009).

20 En el Anexo 4 se presenta un gráfico y un cuadro para cada uno de los cuatro índices calculados con ACM. El gráfico muestra la relación lineal incondicional del índice con el índice de acceso, el cual agrega todos los productos financieros por los cuales se pregunta en la encuesta. El cuadro presenta la participación de las variables incluidas en cada índice y su peso dentro de la agregación efectuada con el ACM.

Cuadro 5
Índices de acceso a productos financieros: variables endógenas

Variables	Categorías	Primer factor						
		Todos los servicios financieros	Todos los servicios financieros formales	Servicios financieros activos	Servicios financieros activos formales	Servicios financieros pasivos	Servicios financieros pasivos formales	Servicios financieros informales
		Contribución						
Inversiones financieras	Sí	0,016	0,016	0,038	0,037			
	No	0	0	0,001	0,001			
Seguros de vida	Sí	0,104	0,106	0,182	0,191			
	No	0,014	0,015	0,025	0,026			
Pensiones	Sí	0,061	0,062	0,092	0,096			
	No	0,006	0,006	0,009	0,01			
Hipotecas	Sí	0,064	0,065			0,155	0,162	
	No	0,004	0,004			0,009	0,009	
Crédito formal	Sí	0,101	0,103			0,316	0,315	
	No	0,015	0,015			0,046	0,046	
Tarjeta de crédito	Sí	0,127	0,129			0,289	0,297	
	No	0,02	0,021			0,046	0,047	
Seguros generales	Sí	0,105	0,105	0,134	0,135			
	No	0,006	0,006	0,008	0,008			
Microcrédito	Sí	0,029	0,029			0,119	0,113	
	No	0,002	0,002			0,01	0,009	
Microseguros	Sí	0,06	0,06	0,105	0,108			
	No	0,026	0,026	0,045	0,046			
Cuenta de ahorros	Sí	0,117	0,119	0,166	0,17			
	No	0,045	0,045	0,063	0,065			
Cuenta corriente	Sí	0,065	0,064	0,105	0,104			
	No	0,002	0,002	0,004	0,004			
Crédito informal	Sí	0,001				0,01		0,464
	No	0				0,001		0,036
Ahorro informal	Sí	0,009		0,022				0,475
	No	0		0,001				0,025
Número de observaciones		1.106	1.106	1.106	1.106	1.106	1.106	1.106
Porcentaje de la inercia explicado		90,83	93,13	90,26	92	82,18	90,14	99,99

Fuente: cálculos de los autores.

también es positiva, porque entre más ingresos tiene un hogar, más necesidad tendrá de productos financieros para ahorrar, rentar y diversificar su portafolio. En este índice se consideraron cinco variables: situación laboral (pertenecientes a la población económicamente activa [PEA] o a la población económicamente inactiva [PEI]); número de personas que proveen ingreso en el hogar; principales fuentes de ingresos (formal o informal); comportamiento de los ingresos (variables o fijos), e ingresos mensuales del hogar. Finalmente, se decidió excluir del factor las preguntas sobre la formalidad o informalidad de la fuente de ingresos, y la del número de aportantes. En el primer caso, la imposibilidad de confirmar con criterios objetivos la definición de formalidad e informalidad fue razón suficiente para excluir la variable. En el segundo caso, el hecho de que en general las familias más pobres necesitan participar de forma más activa en el mercado laboral (mayor número de miembros trabajan), pero aun así tienen niveles de ingreso bajo, constituye una correlación contraria con dos de las variables incluidas en el factor: entre más pobres más participan, pero menos ingreso tienen.

- Índice de necesidades de liquidez: en la teoría del consumo intertemporal, la capacidad de acumulación o desacumulación de activos desempeña un papel fundamental en la suavización del consumo. La capacidad de los hogares para acceder a productos financieros puede determinar el nivel de utilidad del hogar. Dado lo anterior, se espera que exista una relación positiva entre la capacidad de ahorro y el acceso a productos activos en el sistema financiero (e igualmente positiva, pero menos robusta con productos pasivos). Entre menos necesidades de liquidez tenga un hogar, más capacidad de ahorro tiene y más acceso a productos activos se debería encontrar. Los componentes del índice de necesidades de liquidez son las preguntas: ¿el hogar tiene dinero de sobra, luego de comprar artículos necesarios?; ¿el hogar alguna vez se queda escaso de dinero para comprar artículos básicos?; ¿ha pedido dinero prestado para pagar deudas?, y ¿puede cumplir un gasto imprevisto sin pedir prestado?
- Índice de preferencias *intertemporales*: la economía del comportamiento expone que, lejos de ajustarse al modelo de racionalidad económica convencional, algunos individuos exhiben preferencias que no son estables a lo largo del tiempo. Esto se evidencia en el hecho de que las personas pueden tener diferentes tasas de descuento de corto y largo plazos. Los resultados de este fenómeno implican sesgos hacia valorar más el presente que el futuro y problemas de autocontrol, en especial frente a sucesos con retornos lejanos. Algunas de las consecuencias de dichas preferencias son la baja capacidad de ahorro y de inversión debido a la dificultad que tienen tales personas de posponer consumo presente. Por tanto, se espera que exista una relación positiva entre la disposición a valorar más el futuro frente al presente y el acceso a servicios financieros activos. Para la construcción del índice se eligieron las variables de la encuesta que pretenden medir las actitudes intertemporales de las personas, así como su capacidad de autocontrol. Se incluyeron tres preguntas: una sobre el enfoque de corto plazo al tomar decisiones financieras, y otras dos sobre qué tanto piensa en las decisiones futuras.
- Índice de actitudes financieras: la disposición de los individuos a adoptar ciertas actitudes favorables financieramente, como hacer presupuestos, planes de aho-

ro, hablar de temas financieros, buscar información antes de tomar decisiones de consumo o inversión, entre otras, determinan el nivel general de actitudes financieras de una persona, así como su nivel de acceso al sistema financiero. Un individuo con tales características razona más conscientemente cada una de sus decisiones financieras y puede decidir si el acceso al sistema financiero le puede ayudar a cumplir sus objetivos. En este sentido, se espera una relación positiva entre la existencia de una o más de estas características en una persona y la tenencia de servicios financieros, ya sean activos o pasivos. El índice está conformado por preguntas de la encuesta acerca de los hábitos financieros que tienen las personas en cuanto a aprender de los errores que los demás cometen al administrar su dinero, tratar de ahorrar dinero para el futuro y hacerlo con regularidad, tratar de tener recursos para emergencias, realizar planes a largo plazo y obtener información para tomar decisiones financieras.

- Último nivel de escolaridad: en todos los países el nivel educativo parece tener un fuerte efecto en el acceso al sector financiero tradicional. Por ejemplo, en México las personas que recibieron un título universitario se asociaron con una menor probabilidad de exclusión financiera, por lo que esto no aplica para aquellos que no alcanzaron ese nivel educativo (Djankov *et al.* 2008). Según Osei-Assibey (2009), las personas cuya preparación educativa es baja pueden ser excluidos del sistema financiero, ya que no entienden la mayoría de los productos y servicios financieros prestados en el mercado, por lo que son reacios a participar. En otras palabras, son financieramente analfabetos.
- Índice de conocimientos financieros: poca literatura ha contemplado la educación financiera en las variables que explican la inclusión financiera. Algunos, como el trabajo de Buckland y Simpson (2009), suponen que el rendimiento escolar es un sustituto de la educación financiera, pero solo en Grimes *et al.* (2010) y King (2011) aparece una escala más coherente de educación financiera para explicar la demanda de servicios financieros. En los Estados Unidos, el estudio de Grimes *et al.* (2010) evidencia que las personas que entienden los conceptos básicos de la economía tienen una mayor probabilidad de ser incluidos financieramente que los que no lo hacen. Por otra parte, en Nigeria, King (2011) demuestra que una persona que sabe cómo funciona el sistema financiero tiene una menor probabilidad de ser excluido. Las personas que son financieramente alfabetizadas comprenden mejor cómo funciona el mercado financiero, qué tipo de productos están disponibles y se ajustan a sus necesidades, y cuáles son sus derechos como consumidores financieros, por lo que es más fácil para ellos exigir sobre los productos financieros que quienes tienen un menor nivel de educación financiera.

Por otra parte, ciertas habilidades matemáticas simples, como saber multiplicar y dividir, o algunas más sofisticadas, como calcular tasas de interés (simple o compuesta), así como el conocimiento de conceptos económicos básicos, como lo son inflación, desempleo, entre otros, también influyen decisivamente en el nivel de educación financiera de los individuos y son fundamentales para que ellos puedan tener una experiencia favorable en el sistema financiero. Por ejemplo, una persona que sabe calcular los intereses sobre sus préstamos está más capacitada para tomar decisiones que mejoren su bienestar,

en comparación con aquella que se endeuda sin entender dicho concepto. De esta manera se espera que a medida que aumentan los conocimientos financieros de una persona esta tenga un mayor acceso a los productos ofrecidos por el sistema financiero, porque tiene más herramientas para hacerlo.

En la elaboración del índice se utilizaron las preguntas de la encuesta que averiguaban las destrezas de las personas para realizar divisiones, conocer los impactos de la inflación en el poder adquisitivo del dinero, qué es una tasa de interés y cómo calcular interés simple y compuesto. En primera instancia, se realizó un examen de dispersión entre las variables del índice y las endógenas, del cual se deduce que las relaciones fueron las esperadas, por lo que se procedió a efectuar el ACM sobre las variables de conocimientos financieros. Sin embargo, la agregación de la información en el factor no permitió su fácil interpretación, por lo que se procedió a construir un índice simple, constituido por la sumatoria de las respuestas a cada pregunta, donde se le asignó 1 si la respuesta es la correcta y 0 en caso contrario. Por tanto, el intervalo de variación del índice es de cero a cinco, donde más cercano a cinco significa más respuestas acertadas y, por ende, un mayor nivel de conocimientos financieros.

Controles de oferta: para controlar por los determinantes de oferta en las regresiones se incluyó una de dos alternativas: la ubicación geográfica del encuestado, que discrimina los hogares que contestaron la encuesta entre urbanos y rurales; o el número de instituciones financieras por cada 10.000 habitantes, con información ajena a la encuesta (Superfinanciera)²¹.

Participación en Familias en Acción: mediante los programas de transferencias monetarias condicionadas, se ha buscado como un objetivo complementario incluir financieramente a la población más vulnerable (siendo la reducción de la pobreza y suavizar el consumo de los más pobres el objetivo principal), por medio de subsidios a través de cuentas de ahorro y tarjetas prepago. Adicionalmente, la mayoría de estos programas han involucrado capacitaciones de educación económica y financiera (Maldonado *et al.*, 2011). Por estas dos razones es de esperar que la población que hace parte de Familias en acción (programa institucionalizado desde 2002 en Colombia) esté más incluida financieramente.

3.4 Estrategia econométrica

El uso de factores como variables endógenas y exógenas contribuye a solucionar los problemas de multicolinealidad y desperdicio de información; sin embargo, también impone retos a la hora de realizar las estimaciones econométricas.

En particular, los factores que se obtienen de la metodología del ACM tienen soporte limitado al intervalo entre 0 y 1. Como lo explican Papke y Wooldridge (1996), la naturaleza acotada y la imposibilidad de observar valores en los extremos implica que la esco-

21 Adicionalmente, en el Anexo 5 se muestran ejercicios de robustez en el cual los índices exógenos interactúan con la variable de oferta. Los coeficientes de las interacciones resultan no significativos, con excepción de aquellos en los que interactúan la educación general y el número de establecimientos financieros.

gencia de la forma funcional de la distribución debe ser cuidadosa cuando se pretende hacer inferencia estadística.

Para enfrentar este problema se utilizaron cuatro métodos de estimación: mínimos cuadrados ordinarios, mínimos cuadrados ordinarios con la función logística, cuasi-máxima verosimilitud con la función binomial, y regresión beta con función logística.

La estimación con mínimos cuadrados ordinarios fue el punto de partida. Esta metodología ignora los problemas de variables acotadas y tiene alto riesgo de producir estimadores sesgados e inconsistentes, porque supone errores normales. La transformación logística devuelve un soporte infinito para las variables acotadas entre 0 y 1, con lo cual las estimaciones con mínimos cuadrados ordinarios ya no son tan problemáticas. Sin embargo, esta alternativa impone una distribución *ad hoc* que no fue probada por métodos estadísticos —Cribari-Neto y Zeileiz (2010) presentan una discusión detallada de los problemas que se encuentran con este método—. En los dos casos anteriores los resultados generales muestran parámetros con el signo esperado y significativos, pero debido a los problemas mencionados en cada uno de los casos, las estimaciones no se presentan en el capítulo, aunque están a disposición del lector.

Las estimaciones con cuasi-máxima verosimilitud siguen lo propuesto por Papke y Wooldridge (1996) con funciones Bernoulli, pero utilizando la función binomial. Este método produce estimadores con errores robustos y sin el problema de sesgo o inconsistencia. En esta medida superan los retos presentados por las variables acotadas. Finalmente, el método de regresión beta basado en Cribari-Neto y Zeileiz (2010) tiene la ventaja de que la estructura funcional es más general que la de las otras metodologías, ya que incorpora características de heterocedasticidad o asimetría, que son comunes en datos de proporción o tasas (también entre 0 y 1).

Las estimaciones con los dos últimos métodos descritos se presentan en la siguiente subsección²². Los códigos de Stata y R utilizados para las estimaciones, así como los resultados con mínimos cuadrados ordinarios y con la función logística, no se presentan en el trabajo, pero están a disposición del lector.

3.5 Resultados

Los cuadros 6, 7 y 8 presentan los resultados de las regresiones. Cuando la variable endógena es el índice con todos los productos financieros, los resultados son los esperados. Tienen más acceso a productos financieros los hombres adultos que mantienen una relación conyugal estable, que viven en hogares con menor número de integrantes, y con ingresos y *stock* de riqueza más altos. Asimismo, tienden a tener mayor acceso financiero las personas con más alto nivel de educación general y financiera, que prestan mayor atención al futuro y que viven cerca a centros urbanos bien dotados de sucursales financieras. Los resultados del ejercicio arrojan estimadores robustos a las cuatro diferentes técnicas econométricas descritas.

22 Se utilizaron errores estándar Huber-White debido a que estos mitigan las posibilidades de heterocedasticidad.

Cuadro 6
Todos los servicios financieros, solo formales y solo informales

Variables	Todos los servicios financieros			
	QMLE	QMLE	Regresión β	Regresión β
Género (hombre)	0,0879*	0,0784*	0,0767***	0,0659***
	(1,95)	(1,67)	(3,58)	(2,98)
Edad	0,0141*	0,0132	0,0134***	0,0124***
	(1,81)	(1,63)	(3,72)	(3,33)
Edad ²	-0,000101		-0,0000955**	-0,00012***
	(-1,20)	(-1,49)	(-2,50)	(-3,05)
Estado civil (casado o unión libre)	0,214***	0,200***	0,184***	0,168***
	(4,65)	(4,26)	(8,33)	(7,39)
Tamaño del hogar	-0,0241**	-0,0260**	-0,0214***	-0,0220***
	(-2,03)	(-2,21)	(-3,69)	(-3,68)
Índice de variables económicas (flujo de Y)	1,273***	1,406***	1,139***	1,213***
	(6,13)	(6,35)	(10,32)	(10,72)
Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	1,025***	1,269***	0,925***	1,140***
	(4,07)	(4,92)	(8,02)	-9,68
Índice de preferencias intertemporales	0,464**	0,683***	0,414***	0,616***
	(2,36)	(3,41)	(4,57)	(6,70)
Índice de actitudes financieras	-0,822***	-0,942***	-0,720***	-0,811***
	(-4,08)	(-4,56)	(-7,17)	(-7,85)
Último nivel de escolaridad	0,139***		0,124***	
	(7,77)		(14,24)	
Índice de conocimientos financieros		0,0626**		0,0482***
		(2,46)		(4,03)
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 hab.	0,0944***	0,113***	0,0824***	0,0974***
	(4,28)	(4,99)	(7,57)	(8,77)
Participación en Familias en Acción	-0,107	-0,127	-0,0941**	-0,110**
	(-1,36)	(-1,57)	(-2,24)	(-2,56)
Constante	-3,229***	-2,886***	-3,018***	-2,675***
	(-12,32)	(-10,54)	(-23,00)	(-20,05)
Tamaño de la muestra	1.106	1.106	1.106	1.106
R-cuadrado	0,2955	0,2439	0,2847	0,2388

Estadístico z en parentesis.

* $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Fuente: cálculos de los autores.

Todos los servicios financieros formales				Todos los servicios financieros informales			
QMLE	QMLE	Regresión β	Regresión β	QMLE	QMLE	Regresión β	Regresión β
0,0893**	0,0798*	0,0781***	0,0674***	-0,0612	-0,0792	-0,0259	-0,034
(1,97)	(1,69)	(3,64)	(3,03)	(-0,57)	(-0,73)	(-0,75)	(-0,98)
0,014***	0,0131	0,0133***	0,0123***	0,0337**	0,0311	0,01277**	0,01167**
(1,79)	(1,61)	(3,68)	(3,29)	(2)	-1,85	-2,25	-2,05
-0,0000998	-0,000129	-0,0000944**	-0,00012***	-0,000368	-0,000329	-0,00014**	-0,000123**
(-1,18)	(-1,48)	(-2,46)	(-3,02)	(-1,95)	(-1,74)	(-2,33)	(-2,04)
0,215***	0,201***	0,185***	0,1693***	0,09	0,0814	0,0403	0,04
(4,66)	(4,28)	-8,34	(7,40)	(0,92)	(0,82)	(1,15)	1,05
-0,0241**	-0,0261**	-0,0215***	-0,02205***	-0,00828	-0,00772	-0,003033	-0,00273
(-2,03)	(-2,21)	(-3,67)	(-3,67)	(-0,30)	(-0,27)	(-0,33)	(-0,39)
1,285***	1,419***	1,152***	1,227***	-0,628	-0,697	-0,262	-0,281*
(6,16)	(6,37)	(10,39)	(10,78)	(-1,23)	(-1,36)	(-1,49)	(-1,65)
1,022***	1,268***	0,922***	1,139***	-0,123	-0,223	-0,066	-0,11
(4,04)	(4,90)	(7,96)	(9,67)	(-0,24)	(-0,44)	(-0,35)	(-0,59)
0,467**	0,688***	0,415***	0,6196***	0,2	0,143	0,089	0,06
(2,37)	(3,42)	(4,56)	(6,67)	(0,44)	(0,32)	(0,61)	(0,42)
-0,822***	-0,944***	-0,720***	-0,813***	-0,488	-0,378	-0,204	-0,153
(-4,07)	(-4,56)	(-7,14)	(-7,83)	(-1,00)	(-0,77)	(-1,30)	(-0,98)
0,140***		0,125***		-0,00519		-0,0032	
(7,82)		-14,27		(-0,14)		(-0,23)	
	0,0621**		0,0477***		0,106**		0,0422**
	(2,44)		(3,97)		(1,99)		(2,29)
0,0931***	0,111***	0,0811***	0,0963***	0,117*	0,110**	0,049	0,046***
(4,21)	(4,93)	(7,42)	(8,63)	(2,25)	(2,11)	(2,81)	(2,66)
-0,106	-0,127	-0,094**	-0,11**	0,0318	0,0296	0,0181	0,014
(-1,36)	(-1,56)	(-2,23)	(-2,55)	(0,15)	(0,14)	(0,29)	(0,21)
-3,219***	-2,872***	-3,008***	-2,661***	-2,472***	-2,642***	-2,067***	-2,136***
(-12,23)	(-10,44)	(-22,81)	(-19,84)	(-4,89)	(-5,34)	(-9,89)	(-10,40)
1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106
0,2948	0,2431	0,2837	0,2376	0,0355	0,0426	0,0157	0,0209

Cuadro 7
Regresiones para productos activos de los hogares, y para activos formales

Variables	Todos los servicios financieros activos			
	QMLE	QMLE	Regresión β	Regresión β
Género (hombre)	0,108** (2,54)	0,0998** (2,25)	0,0913*** (4,37)	0,0829*** (3,89)
Edad	0,0111 (1,52)	0,0101 (1,36)	0,0112*** (3,27)	0,0101*** (2,85)
Edad ²	-0,0000728 (-0,93)	-0,0000942 (-1,18)	-0,0000750** (-2,03)	-0,0000908*** (-2,41)
Casado o en unión libre	0,135*** (3,13)	0,125*** (2,83)	0,116*** (5,37)	0,105*** (4,78)
Tamaño del hogar	-0,0300*** (-2,93)	-0,0315*** (-3,09)	-0,0266*** (-4,69)	-0,0273*** (-4,72)
Índice de variables económicas (flujo de Y)	1,159*** (5,78)	1,263*** (6,01)	1,081*** (10,06)	1,143*** (10,47)
Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	1,152*** (4,86)	1,351*** (5,58)	1,062*** (9,45)	1,227*** (10,80)
Índice de preferencias intertemporales	0,544** (2,92)	0,721*** (3,85)	0,5244*** (5,94)	0,676*** (7,61)
Índice de actitudes financieras	-0,823*** (-4,39)	-0,919*** (-4,81)	-0,729*** (-7,47)	-0,802*** (-8,06)
Último nivel de escolaridad	0,113*** (6,98)		0,097*** (11,47)	
Índice de conocimientos financieros		0,0522** (2,33)		0,0428*** (3,72)
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 hab.	0,0901*** (4,35)	0,105*** (4,95)	0,0793*** (7,49)	0,0917*** (8,55)
Participación en Familias en Acción	-0,115 (-1,50)	-0,132* (-1,67)	-0,091** (-2,25)	-0,105** (-2,52)
Constante	-2,935*** (-11,50)	-2,654*** (-10,09)	-2,781*** (-21,79)	-2,52*** (-19,62)
Tamaño de la muestra	1.106	1.106	1.106	1.106
R-cuadrado	0,2886	0,2522	0,2692	0,2431

Estadístico z en parentesis.

* $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Fuente: cálculos de los autores.

Todos los servicios financieros activos formales			
QMLE	QMLE	Regresión β	Regresión β
0,110***	0,103**	0,098***	0,0902***
(2,58)	(2,29)	(4,68)	(4,19)
0,0109	0,00997	0,0113***	0,0103***
(1,49)	(1,33)	(3,22)	(2,87)
-0,0000715	-0,0000935	-0,0000764**	-0,000095**
(-0,91)	(-1,16)	(-2,05)	(-2,51)
0,138***	0,128***	0,123***	0,111***
(3,17)	(2,87)	(5,66)	(5,03)
-0,0302***	-0,0317***	-0,0261***	-0,0268***
(-2,93)	(-3,09)	(-4,57)	(-4,60)
1,185***	1,289***	1,103***	1,169***
(5,83)	(6,05)	(10,19)	(10,60)
1,147***	1,348***	1,06***	1,236***
(4,78)	(5,50)	(9,35)	(10,78)
0,551***	0,730***	0,492***	0,656***
(2,92)	(3,85)	(5,53)	(7,31)
-0,823***	-0,921***	-0,7236***	-0,8075***
(-4,36)	(-4,79)	(-7,36)	(-8,04)
0,114***		0,102***	
(7,01)		(12,00)	
	0,0514**		0,0389***
	(2,27)		(3,35)
0,0878***	0,103***	0,0772***	0,0906***
(4,2)	(4,81)	(7,23)	(8,36)
-0,115	-0,132*	-0,101**	-0,114***
(-1,47)	(-1,65)	(-2,45)	(-2,71)
-2,916***	-2,630***	-2,78***	-2,494***
(-11,29)	(-9,88)	(-21,61)	(-19,23)
1.106	1.106	1.106	1.106
0,2854	0,2492	0,2750	0,2440

Cuadro 8

Regresiones para productos pasivos de los hogares, y pasivos formales

Variables	Todos los servicios financieros pasivos			
	QMLE	QMLE	Regresión β	Regresión β
Género (hombre)	0,04 (0,55)	0,0275 (0,37)	0,0243 (0,80)	0,0103 (0,33)
Edad	0,0202*** (1,66)	0,0195 (1,55)	0,0137*** (2,70)	0,0125** (2,43)
Edad ²	-0,000162 (-1,25)	-0,000201 (-1,50)	-0,000106** (-1,97)	-0,000129** (-2,35)
Casado o en unión libre	0,355*** (4,79)	0,338*** (4,51)	0,252*** (8,06)	0,233*** (7,36)
Tamaño del hogar	-0,00897 (-0,45)	-0,0118 (-0,60)	-0,0071 (-0,87)	-0,0072 (-0,88)
Índice de variables económicas (flujo de Y)	1,326*** (3,85)	1,496*** (4,19)	1,03*** (6,63)	1,084*** (6,90)
Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	0,622 (1,56)	0,915** (2,28)	0,467*** (2,84)	0,678*** (4,12)
Índice de preferencias intertemporales	0,373 (1,15)	0,643** (1,97)	0,235* (1,83)	0,432*** (3,37)
Índice de actitudes financieras	-0,830*** (-2,79)	-0,975*** (-3,19)	-0,576*** (-4,11)	-0,645*** (-4,55)
Último nivel de escolaridad	0,170*** (5,89)		0,122*** (9,97)	
Índice de conocimientos financieros		0,0811** (1,96)		0,0584*** (3,53)
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 hab.	0,0877** (2,51)	0,109*** (3,10)	0,0633*** (4,13)	0,0775*** (5,04)
Participación en Familias en Acción	-0,0923 (-0,78)	-0,117 (-0,99)	-0,065 (-1,11)	-0,084 (-1,41)
Constante	-3,589*** (-8,84)	-3,184*** (-7,63)	-2,905*** (-15,70)	-2,588*** (-14,01)
Tamaño de la muestra	1106	1106	1106	1106
R-cuadrado	0,1575	0,1211	0,1469	0,1139

Estadístico z en parentesis.

$p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Fuente: cálculos de los autores.

Todos los servicios financieros pasivos formales			
QMLE	QMLE	Regresión β	Regresión β
0,0397	0,0272	0,0236	0,0095
-0,54	(0,36)	(0,77)	(0,31)
0,0202*	0,0195	0,0136***	0,0123**
-1,64	(1,54)	(2,65)	(2,38)
-0,000161	-0,000202	-0,000104*	-0,000127**
(-1,23)	(-1,50)	(-1,91)	(-2,30)
0,360***	0,342***	0,254***	0,234***
-4,78	(4,50)	(8,08)	(7,37)
-0,00922	-0,0122	-0,0071	-0,0073
(-0,46)	(-0,61)	(-0,87)	(-0,88)
1,371***	1,548***	1,06***	1,113***
-3,93	(4,27)	(6,75)	(7,03)
0,648	0,949**	0,489***	0,705***
-1,61	(2,34)	(2,95)	(4,24)
0,372	0,649**	0,229*	0,431***
-1,13	(1,96)	(1,77)	(3,32)
-0,841***	-0,992***	-0,58***	-0,651***
(-2,79)	(-3,20)	(-4,10)	(-4,55)
0,174***		0,124***	
-5,92		(10,60)	
	0,0814*		0,0584***
	(1,94)		(3,50)
0,0900**	0,112**	0,065***	0,079***
-2,54	(3,14)	(4,19)	(5,10)
-0,0967	-0,122	-0,0684	-0,087
(-0,81)	(-1,02)	(-1,16)	(-1,46)
-3,644***	-3,228***	-2,935***	-2,610***
(-8,89)	(-7,65)	(-15,72)	(-13,99)
1106	1106	1106	1106
0,1599	0,1227	0,1483	0,1149

Dado que los métodos utilizados proponen transformaciones de la variable endógena truncada, los estimadores son cercanos a elasticidades al índice de acceso, tal y como ya se han definido para cada caso. Debido a esto, se puede concluir que entre más grande el coeficiente, mayor será también su peso relativo en la regresión. En su orden, las cuatro variables que más contribuyen al índice de acceso son el índice de variables económicas, último año de escolaridad, índice de necesidades de liquidez, y el índice de preferencias intertemporales. Es sugestivo, desde el punto de vista de política, que la educación general resulte en segundo lugar de importancia como determinante del acceso. Las variables edad al cuadrado y tamaño del hogar contribuyen negativamente al acceso (la variable índice de actitudes financieras se lee al contrario: el indicador se acerca a 1 cuando el hogar muestra menos actitudes financieras).

Al restringir el número de variables incluidas en el índice endógeno de acceso, los resultados para los productos financieros formales no son diferentes con respecto al índice que incluye la totalidad de las variables (formales e informales). Cuando el índice endógeno está compuesto solamente por los productos financieros informales, los resultados sí cambian. Pese a que los estimadores pierden significancia estadística, sus signos sugieren que el acceso a productos informales está compuesto principalmente por mujeres con ingresos y *stock* de riqueza bajos. Los coeficientes de las variables de educación general y financiera no son significativos, pese a que conservan su signo.

El coeficiente de Familias en Acción no mostró ni el signo esperado ni fue significativo, pese a que se exploraron varias alternativas, entre las cuales estuvieron: regresar solo el acceso a cuentas de ahorro y probar las diferentes modalidades de entrega de los subsidios (en efectivo, tarjetas débito o cuentas de ahorro).

En el Anexo 6 se presentan las correlaciones entre residuos y variables exógenas (índices contruidos con la metodología ACM), con lo que se evalúa posible endogeneidad, cuyos resultados son satisfactorios.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

4.1 Conclusiones

1. La literatura económica ha puesto en evidencia la importancia de la inclusión financiera para suavizar los ciclos del ingreso y el consumo, para mejorar la eficiencia en la asignación de recursos de la economía, para lograr un mayor crecimiento y equidad, y para combatir la pobreza. También, puede ayudar a mejorar la transmisión de la política monetaria.
2. La inclusión financiera depende de factores de oferta y demanda. Por el lado de la demanda se destacan los aspectos sociales, demográficos, de ingreso y la educación. En este trabajo se suponen las siguientes razones: los agentes no saben qué productos necesitan, cuando saben, pueden no estar informados si los productos existen; saben que existen, pero no tienen acceso a ellos, o se autoexcluyen (por informalidad y otras razones).
3. Desde el punto de vista de la oferta (más relevante en el caso de los países emergentes), son determinantes de la inclusión la regulación y los incentivos que tienen

los bancos para desarrollar productos financieros. Los motivos que originan el bajo acceso y uso de los servicios financieros desde la oferta pueden ser los siguientes: las instituciones no conocen las necesidades de los excluidos; aun cuando las conocen, no tienen los productos; tienen los productos o los pueden ofrecer, pero no lo hacen por restricciones asociadas con el riesgo, costos o regulación.

4. Entre los factores que señala la literatura vale la pena mencionar las debilidades de los mecanismos de protección al consumidor financiero —que eviten posiciones dominantes del lado de la oferta—, la poca flexibilidad del marco legal y normativo para estimular la innovación de los proveedores de estos servicios financieros, y la falta de una adecuada política de competencia que promueva esta innovación hacia sectores tradicionalmente excluidos.
5. En Colombia se ha avanzado mucho en los últimos años en bancarización, es decir, en lograr que la población posea algún producto financiero, pero no así en la verdadera inclusión, que es que utilicen efectivamente estos productos. Así las cosas, las estadísticas más recientes señalan que cerca de un 56% de la población tiene cuenta de ahorros (cerca de un 70% tiene algún producto financiero, entre los que se destacan los microseguros), pero quienes poseen cuenta, solo un 31% la usa efectivamente.
6. En temas de crédito el porcentaje de utilización efectiva es aún menor, y el principal producto pasivo de los hogares es la tarjeta de crédito.
7. Adicionalmente, hay varios sectores críticos en términos no solo de inclusión sino de bancarización, y entre ellos se destacan los hogares más pobres, el sector rural y las pymes.
8. La regulación en Colombia sobre la inclusión financiera ha mejorado mucho desde 2006, pero aún queda mucho por hacer.
9. Para analizar la situación de la inclusión financiera en nuestro país y sus principales determinantes no se cuenta con mucha información, especialmente por el lado de la demanda. Las mediciones existentes son pocas mediante encuestas y, en el mejor de los casos, permiten medir el acceso a productos financieros, pero no su uso efectivo.
10. En este trabajo se empleó una de las pocas encuestas existentes sobre estos temas, a saber: la *Encuesta de capacidades financieras para Colombia*, realizada por el Banco Mundial y el Banco de la República en 2012, con información de variables de demanda y de acceso a productos financieros, pero no sobre su uso.
11. Se utilizó una definición de inclusión financiera que es más amplia que la de bancarización: mientras que la bancarización es tener un producto financiero, la inclusión es tener uno o varios y utilizarlos efectivamente. Como no se cuenta con información de uso, aquí se usa el concepto de acceso financiero, que significa contar con varios productos financieros y no solo uno de ellos. Este concepto no es estrictamente el de inclusión, que hubiera sido el óptimo, pero es más apropiado que el simple concepto de bancarización.
12. Para ver el impacto de los determinantes de la demanda sobre el acceso financiero de la población colombiana la herramienta utilizada en el ejercicio empírico realizado en este trabajo fue el análisis de correspondencia múltiple. Esta misma herramienta permite minimizar el desperdicio de información, sin sesgar los estimadores por multicolinealidad.

13. Los resultados de este ejercicio empírico realizado corroboran lo señalado en la literatura sobre determinantes de demanda del acceso. Entre los que más pesan en el caso colombiano están el ingreso laboral y el no laboral para determinar el acceso. En segundo lugar se encuentra la educación de las personas en general y la educación económica y financiera en particular. Adicionalmente, se muestra evidencia de que las necesidades de liquidez y las preferencias intertemporales (actitudes) también son determinantes del acceso.

4.2 Recomendaciones

Sin sistemas financieros inclusivos quien más pierde es la sociedad, al excluir de sus servicios a personas naturales y jurídicas con fundamentados y promisorios proyectos que, bien apalancados, podrían hacer valiosos aportes al bienestar, sin tener que estar limitados a sus propios ahorros e ingresos. En esa medida, la inclusión financiera requiere una reestructuración tanto de la demanda como de la oferta, enmarcada en una apropiada regulación.

Las recomendaciones de este trabajo están enfocadas a qué es lo que se debe hacer en Colombia para mejorar la inclusión financiera, y están sustentadas en la revisión de la literatura y la evidencia que se puede extraer del ejercicio empírico realizado. Se han dividido en recomendaciones de tipo general y específicas, para sectores que tienen un grado de exclusión mayor dentro de la población colombiana.

4.2.1 Generales

Es necesario fomentar la competencia en el sector financiero colombiano para mejorar la oferta de servicios financieros e incentivar la innovación de productos para nuevos sectores de la población tradicionalmente excluidos. Está comprobado que en la medida en que se facilite y propicie que nuevas entidades de banca extranjera ingresen a una economía, los demás intermediarios se verán presionados a buscar, a su vez, el acceso a servicios financieros por parte de los excluidos (Armendáriz y Morduch, 2011)²³. En cuanto a los servicios microfinancieros, la amplitud de su cobertura geográfica y por estrato de la población, cabe destacar que entre más abierta sea la competencia entre los diversos agentes en el sistema financiero, incluyendo al mayor número posible de intermediarios de origen extranjero, las barreras, que ordinariamente se traducen en altos costos y mayor concentración geográfica y social, tienden a reducirse. La creciente competencia por ganarse a los más grandes clientes y al propio gobierno puede impulsar a los bancos locales a dirigir con mayor énfasis su atención a la oferta de servicios a aquellos segmentos tradicionalmente marginados. Existe un sólido cuerpo de evidencia que muestra que los países que le han abierto las puertas a la banca extranjera para operar dentro de sus fronteras bajo con-

23 Hasta ahora la mayor parte de las reformas financieras adelantadas por el Estado no han conducido a la suficiente ampliación de los servicios financieros, aunque algunas iniciativas recientes (leyes 1266 de 2008, 1328 de 2009 y 1480 de 2011) apuntan a fortalecer la protección al consumidor financiero.

diciones de genuina competencia con la banca local pueden propiciar, por esa vía (la de la competencia en igualdad de condiciones), el mejoramiento sustancial del acceso de las pymes al financiamiento, incluyendo modalidades hasta ahora muy poco utilizadas por dichos sectores, como el *factoring*, el *leasing*, las emisiones de bonos corporativos y de acciones, entre otros. Dicha estrategia luce como la más indicada en términos de eficiencia y transparencia, en contraste con el tradicional modelo de la banca pública.

También, el sector de microfinanzas se debe integrar al sector financiero, haciéndolo sujeto de regulación y supervisión de la Superfinanciera. Esto incluye a instituciones de microfinanzas, organizaciones no gubernamentales, fundaciones y entidades solidarias, con el fin de calificarlas y vigilarlas con el propósito de que el Estado las incorpore a la institucionalidad, de suerte que asimismo puedan acceder a recursos públicos de destinación social. Algunas de estas entidades ya se han convertido en bancos, pero enfrentan dificultades en la competencia por falta de un entorno regulatorio y de supervisión especial que las haga visibles y se ajuste a sus particularidades.

Asimismo, es necesario seguir avanzando en el sistema de garantías para ofrecer mejores opciones de respaldo de los créditos y reducir los costos de acceso.

Es importante promover y fortalecer programas de educación financiera, mediante la recién creada Comisión Intersectorial para la Educación Financiera. Para esto, se propone, primero, que la Comisión incluya al sector rural que actualmente, pese a ser uno de los más desatendidos, está excluido.

Además, la educación financiera debe trascender las aulas y deben focalizarse esfuerzos para incrementar los conocimientos, las actitudes y los comportamientos financieros de los grupos poblacionales más vulnerables.

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) es una institución que debería tener un papel fundamental en la estrategia nacional de la educación y la inclusión financiera. Por ello, debe hacer parte de las comisiones intersectoriales que se han creado para diseñar las políticas sobre estos temas. Resulta fundamental que esta entidad incluya la educación financiera dentro de los programas que imparte.

Se deben buscar mecanismos para incentivar a los estudiantes de carreras económicas y financieras a hacer su práctica empresarial asesorando productores y asociaciones de productores para acceder al sistema financiero.

Es de gran importancia que en nuestro país se establezca la cultura de evaluación y seguimiento de los programas de educación financiera, no solamente de aquellos llevados a cabo por el sector público sino también por el sector privado.

Hay que adelantar reformas de tipo institucional que impulsen plataformas tecnológicas de acceso y comunicación; que fomenten y profundicen la competencia entre los agentes del sector financiero como el principal eje de la protección del consumidor; y que incentiven de forma eficiente y efectiva a través de la regulación prudencial la prestación de servicios microfinancieros. Dentro de este orden de ideas, se le debe otorgar la más alta prioridad al desarrollo de tecnologías que permitan reducir los costos fijos de la oferta cuyo impacto en relación con operaciones de bajo valor es adverso, y elevar los niveles de competencia en algunos segmentos de mercado.

Se debe seguir fortaleciendo la educación del consumidor financiero y facilitar un acceso amplio y transparente a la información relacionada con el sistema financiero y su oferta de productos y servicios, todo lo cual le permita tomar decisiones informadas

y responsables. En tal sentido, el Banco de la República, la Superintendencia Financiera y el Gobierno colaborarán en la Comisión Intersectorial que diseñará la estrategia nacional para brindar educación económica y financiera de calidad a la población de todos los estratos socioeconómicos.

4.2.2 *Propuestas específicas para sectores excluidos*

Dada la situación especialmente precaria del sector rural colombiano en materia de inclusión financiera, se requieren medidas específicas para este grupo particular de la población. Se necesita apoyar y propiciar la creación y fortalecimiento de organizaciones que cumplan funciones de banca de inversión en materia de formulación y evaluación técnica y financiera de proyectos productivos en el sector rural.

Tras dicho propósito, las Unidades Municipales de Asistencia Técnica (Umata) se podrían integrar regionalmente y transformarse en Unidades Territoriales de Gestión Agroempresarial de mayor envergadura técnica, con la misión prioritaria de propiciar la inclusión financiera desde el lado de la demanda, contando con profesionales no solo en el campo de la asistencia técnica agrícola sino también en el ámbito de la economía y la administración de negocios.

Por otra parte, el Fondo para el financiamiento del sector Agropecuario (Finagro) debe brindarle acceso directo a sus recursos por la vía del redescuento a estas y otras entidades no estatales de índole análoga que, previamente certificadas por aquel, opten por, además, prestar sus servicios de intermediación y gestión financiera en favor de los grupos asociativos de productores del campo que sean objeto de su asistencia en la formulación y ejecución de sus proyectos. A manera de ejemplo, cabe señalar organizaciones como Contactar y Cordeagropaz en Nariño, Vallenpaz en el Valle del Cauca, Actuar, etc.

Con la mira de consolidar su fortalecimiento institucional en cuanto a la dotación adecuada de los más idóneos recursos humanos, tanto dichas organizaciones como las nuevas unidades territoriales de gestión agro-empresarial podrán acceder igualmente a recursos de las regalías y de los fondos parafiscales del sector agropecuario.

REFERENCIAS

- Al-Hussainy, E.; Beck, T.; Demirguc-Kunt, A.; Zia, B. (2008). "Household Use of Financial Services" (mimeo), Banco Mundial, Development Economics Research Group, marzo.
- Alianza para la Inclusión Financiera (2010). "La medición de la inclusión financiera para entes reguladores: Diseño e implementación de encuestas", informe presentado por la Bankable Frontiers Associates. febrero.
- Alliance for Financial Inclusion (2010). "Consumer Protection: Leveling the Playing Field in Financial Inclusion", policy note, enero.
- Altunbaş, Y.; Thornton, J.; Kara, A. (2010). "What Determines Financial Exclusion? Evidence from Bolivian Household Data", working paper, núm. 18, Bangor Business School.

- Angelucci, M.; Karlan, D.; Zinman, J. (2013). "Microcredit Impacts: Evidence from a Randomized Microcredit Program Placement Experiment by Compartamos Banco", working papers, núm. 19827, National Bureau of Economic Research.
- Armendáriz, Beatriz y Jonathan Morduch (2011). *Economía de las microfinanzas*, Fondo de Cultura Económica y Centro de Investigación y Docencia Económicas. México.
- Asobancaria (2012). *Informe de Inclusión Financiera*.
- Asobancaria (2013). *Informe Semestral de Inclusión Financiera*, junio.
- Asobancaria (2013). *Reporte Trimestral de Inclusión Financiera*, marzo.
- Asociación de Supervisores Bancarios de las Américas (2012). *Mejores prácticas y recomendaciones para la protección del consumidor financiero*, ASBA y Fondo Multilateral de Inversiones: México, D. F.
- Banco de la República (2014). *Reporte de la situación del crédito*, marzo.
- Banco Mundial (2013). "Capacidades financieras en Colombia: resultados de la *Encuesta nacional sobre comportamientos, actitudes y conocimientos financieros*".
- Banerjee, A.; Duflo, E.; Glennerster, R.; Kinnan, C. (2013). "The Miracle of Microfinance? Evidence from a Randomized Evaluation", working paper, núm. 18950, National Bureau of Economic Research.
- Beck, T.; De la Torre, A. (2006). "The Basic Analytics of Access to Financial Services", working paper, núm. 4026, Banco Mundial.
- Beck, T.; Demirgüç-Kunt, A.; Levine, R. (2007). "Finance, Inequality and the Poor", *Journal of Economic Growth*, vol. 12, núm. 1, pp. 27-49.
- Booysen, F.; Van der Berg, S.; Burger, R.; Von Maltitz, M.; De Rand, G. (2008). "Using an Asset Index to Assess Trends in Poverty in Seven Sub-Saharan African Countries", *World Development*, vol. 36, núm. 6, pp 1113-1130.
- Buckland, J.; Simpson, W. (2009). "Examining Evidence of Financial and Credit Exclusion in Canada from 1999 to 2005", *The Journal of Socio-Economics*, núm. 38, pp. 966-976.
- Burt, C. (1977). *The Subnormal Mind*, Oxford: Oxford University Press.
- CAF: Banco de Desarrollo de América Latina (2011). *Reporte Financiero Anual*, Vicepresidencia de Estrategias de Desarrollo y Políticas Públicas.
- Cámara de Comercio de Medellín (s. f.). "Constitución de cooperativas y precooperativas" [en línea], consultado el 31 de enero de 2014, disponible en: http://www.camaramedellin.com.co/site/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&EntryId=74&PortalId=0&TabId=515
- Cecchetti, S.; Flores-Lagunes, A.; Krause, S. (2006). "Financial Development, Consumption Smoothing, and the Reduced Volatility of Real Growth", working paper, *American Economic Association*.
- Chibba, M. (2009). "Financial Inclusion, Poverty Reduction and the Millennium Development Goals", *European Journal of Development Research*, núm. 21, pp. 213-230.
- Consultative Group to Assist of Poorest (2012). *Advancing Financial Access for the World's Poor*, annual report, Washingt.
- Crepón, B., Devoto, F., Duflo, E., y Pariente, W. (2011). "Impact of Microcredit in Rural Areas of Morocco: Evidence from a Randomized Evaluation", working paper, Université Catholique de Louvain, marzo.

- Cribari-Neto, F.; Zeileiz, A. (2010). "Beta Regression in R", *Journal of Statistical Software*, vol. 34, issue i02, American Statistical Association.
- Dabla-Norris, E.; Srivisal, N. (2013). "Revisiting the Link between Finance and Macroeconomic Volatility", working paper, núm. 13/29, Fondo Monetario Internacional.
- Delvin, J. (2005). "A Detailed Study of Financial Exclusion in the UK", *Journal of Consumer Policy*, vol. 28, pp. 75-108.
- Demirguc-Kunt, A.; Klapper, L. (2012). "Measuring Financial Inclusion: The Global Findex Database", policy research working paper, núm. 6025, Banco Mundial.
- Díaz, L.; Morales, M. (2012). *Análisis estadístico de datos multivariados*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Djankov, S.; Miranda, P.; Seira, E.; Sharma, S. (2008). "Who are the Unbanked?", policy research working paper, núm. 4647, Banco Mundial.
- Finney, A.; Kempson, E. (2009). *Regression Analysis of the Unbanked: Using the 2006-07 Family Resources Survey*" (mimeo), University of Bristol, Personal Finance Research Centre, junio.
- Grimes, P.; Rogers, K.; Campbell, R. (2010). "High School Economic Education and Access to Financial Services", *The Journal of Consumer Affairs*, vol. 44, núm. 2, pp. 317-335.
- Gwartney, J.; Holcombe, R.; Lawson, R. (2006). "Institutions and the Impact of Investment on Growth", *Kyklos*, vol. 59, núm. 2, pp. 255-273.
- Johnson, S.; Nino-Zarazua, M. (2011). "Financial Access and Exclusion in Kenya and Uganda", *Journal of Development Studies*, vol. 47, núm. 3, pp. 475-496.
- Kanheman, D. (2012). *Thinking Fast and Slow*, Nueva York: Farrar, Straus and Giroux.
- Karlan, D.; McConnell, M.; Mullainathan, S.; Zinman, J. (2011). "Getting to the Top of Mind: How Reminders Increase Saving", working paper, núm. 16205, National Bureau of Economic Research.
- King, M. (2011). "The Unbanked Four-Fifths: Informality and Barriers to Financial Services in Nigeria", discussion paper, núm. 411, Institute for International Integration Studies.
- Lusardi, A.; Mitchell, O. H. (2008). "Planning and Financial Literacy: How Do Women Fare?", working paper, núm. 13750, National Bureau of Economic Research.
- Maldonado, J. H.; Giraldo, R. P.; Barrera, C. A. (2011). "Los programas de transferencias condicionadas: hacia la inclusión financiera de los pobres en América Latina?", *Serie Análisis Económico*, núm. 26, International Development Research Centre.
- McCraw, T. (2009). *The Prophet of Innovation: Joseph Schumpeter and Creative Destruction*, Cambridge: Harvard University Press.
- Morduch, J. (1995). "Income Smoothing and Consumption Smoothing", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, núm. 3, pp. 103-114.
- OCDE (2005). *Improving Financial Literacy: Analysis of Issues and Policies*, París: OECD Publishing.
- OCDE (2009). "Framework for the Development of Financial Literacy Baseline Surveys: A First International Comparative Analysis", *OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions*, núm. 1, OECD Publishing.

- Osei-Assibey, E. (2009). “Financial Exclusion: What Drives Supply and Demand for Basic Financial Services in Ghana?”, *Savings and Development*, vol. XXXIII, núm. 3, pp. 207-238.
- Papke, L. E.; Wooldridge, J. (1996). “Econometric Methods for Fractional Response Variables With an Application to 401(K) Plan Participation Rates”, *Journal of Applied Econometrics*, vol. 11, pp. 619-632.
- Rhine, S. L.; Greene, W. H. (2006). The Determinants of Being Unbanked for US. Immigrants”, *Journal of Consumer Affairs*, vol. 40, núm. 1, pp. 21-40.
- Sherraden, M. S.; Johnson, L.; Guo, B.; Elliott, W. (2011). “Financial Capability in Children: Effects of Participation in a School-based Financial Education and Savings Program”, *Journal of Family y Economic Issues*, vol. 32, núm. 3, pp. 385-399.
- Solo, T. M.; Manroth, A. (2006). “Access to Financial Services in Colombia”, policy research working paper, núm. 3834, Banco Mundial.
- Subirats, J.; Brugué, Q.; Gomà, R. (2005). “Análisis de los factores de exclusión social”, Documentos de Trabajo, núm. 6, Madrid: Fundación BBVA.
- Superintendencia Financiera de Colombia y Banca de las oportunidades (2012). *Reporte de Inclusión Financiera*, Bogotá.
- Thaler, R. H.; Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness*, Connecticut: Yale University Press.
- The World Bank. (2008). *Finance for All?: Policies and Pitfalls in Expanding Access*, Policy Research Report, Washington, D. C.: Banco Mundial.
- The World Bank. (2013). *Financial capabilities in Colombia: results from the national survey on financial behaviors, attitudes and knowledge*, Washington, D. C.: Banco Mundial.

NORMAS CITADAS

- Circulares Externas de la Superintendencia Financiera de Colombia: 07 de 2013; 015 de 2010; 054 de 2009; 053 de 2009; 012 de 2009; 08 de 2009; 026 de 2006; 039 de 2006.
- Decretos: 2876 del 11 de diciembre de 2013; 2233 del 11 de octubre de 2013; 2672 del 21 de diciembre de 2012; 4687 del 12 de diciembre de 2011; 4809 del 20 de diciembre de 2011; 3590 del 29 de septiembre de 2010; 4590 del 04 de diciembre de 2008; 4591 del 04 de diciembre de 2008; 919 del 31 de marzo de 2008; 519 del 26 de febrero de 2007; 2555 del 15 de julio de 2010; 3078 del 08 de septiembre de 2006; 1744 del 13 de agosto de 2006.
- Documento Conpes: 3424 de 2006.
- Leyes: 1607 del 26 de diciembre de 2012; 1555 del 09 de julio de 2012; 1527 del 27 de abril de 2012; 1480 del 12 de octubre de 2011; 1450 del 16 de junio de 2011; 1430 del 29 de diciembre de 2010; 1328 del 15 de julio de 2009.
- Resoluciones: 01 de 2007 del Consejo Superior de la Microempresa; 09 de 2012 de la Junta Directiva del Banco de la República.

ANEXO 1

NORMATIVIDAD FINANCIERA EN COLOMBIA

En Colombia se ha venido avanzando en un marco regulatorio que garantice el acceso a los servicios financieros. Pese a que se ha avanzado también en la regulación de su uso, para incentivar la innovación en el sistema financiero colombiano de la misma manera es necesario formular un marco regulatorio apropiado que permita un mejor ajuste entre la oferta y la demanda por servicios financieros.

Por esto, el Estado colombiano se ha esforzado por contar con un esquema de regulación y supervisión acorde para garantizar la estabilidad del sistema financiero, al tiempo que incentiva a la población colombiana a participar activamente en este. La Alianza para la Inclusión Financiera (2010) afirma que los beneficios de la inclusión financiera para la economía nacional se ven reducidos si no existe una adecuada protección al consumidor financiero.

Para diseñar la normatividad necesaria, la Asociación de Supervisores Bancarios de las Américas (2012) sostiene que se debe tener en cuenta, principalmente, cuatro componentes críticos: i) se debe contar con principios claros que permitan entender la regulación; ii) la regulación debe ser apropiada para mantener una buena conducta de mercado; iii) el modelo de supervisión debe garantizar la implementación de la regulación, y iv) la institucionalidad debe ser eficiente.

A continuación se realiza una síntesis de las normas expedidas desde 2006 y que han modificado las estructuras tradicionales de la prestación de servicios financieros en Colombia.

Durante 2006 se fomentó la ampliación de la cobertura geográfica mediante la creación del programa de inversión Banca de las Oportunidades y Corresponsales Bancarios, gracias al documento Conpes 3424 (del Departamento Nacional del Planeación), el Decreto 3078 (del Ministerio de Hacienda) y la Circular Externa 26 (de la Superintendencia Financiera). Con esto el Gobierno buscaba establecer una política para promover e impulsar el acceso al crédito y los demás servicios financieros como medio para combatir la pobreza y la inequidad.

Igualmente, los corresponsales bancarios¹ nacen del trabajo conjunto de Banca de las Oportunidades y la banca privada para facilitar un canal de bajo costo a los intermediarios financieros para ampliar la cobertura y profundizar la atención a nuevos segmentos del mercado.

Según datos de Asobancaria, la presencia bancaria aumentó de 77% en 2007 a 97% en 2010. En septiembre de 2013 se registraron 56,8 puntos de contacto² por cada 100.000

1 Los corresponsales bancarios son personas naturales o jurídicas contratadas para prestar servicios financieros en nombre de entidades financieras. Sirven como canal de distribución para llegar a población más apartada y de bajos ingresos, permitiendo el recaudo y la transferencia de fondos, el envío o recepción de giros, depósito y retiros en efectivo de las cuentas de ahorro y corrientes, consulta de saldo, expedición de extractos, y desembolso y pago de créditos.

2 Incluyen sucursales, corresponsales bancarios y asesores móviles.

habitantes en el área rural y 143,1 en el área urbana. Así, el indicador de bancarización³ creció de 55,5% en 2008 a 69,2% en septiembre de 2013.

Durante 2007 se determinan las modalidades de crédito cuyas tasas deben ser certificadas por la Superintendencia Financiera de Colombia; además, se fijan las tarifas máximas que se deben cobrar por concepto de honorarios y comisiones en créditos a microempresarios, para montos menores a cuatro salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV) de 7,5% anual y para mayores o iguales a cuatro SMMLV de 4,5% anual. La nueva legislación de los microcréditos permitió que la cartera bruta creciera en COP1.169 millones entre 2012 y 2013 hasta alcanzar un total de COP8.118 millones.

La normatividad para impulsar la creación de productos siguió aumentando durante 2008 y 2009. El primer esfuerzo del Gobierno por simplificar los requisitos en la apertura de cuentas se vio reflejado en los decretos 4590 y 4591, los cuales crean las cuentas de ahorro electrónicas (CAE), que están dirigidas a personas pertenecientes al nivel 1 del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (Sisbén), y desplazados. Estas cuentas no tienen cuota de manejo, permiten dos retiros en efectivo y una consulta de saldo al mes sin cobro de comisiones. A finales de 2012, conforme a cifras del *Reporte de Inclusión Financiera* de Banca de las Oportunidades y la SFC, ya se había abierto un total de 2'696.161 CAE⁴, de las cuales el 73,6% estaban activas; el saldo total de las cuentas abiertas era de COP55.147'486.763.

Siguiendo con esta línea, la Superintendencia Financiera de Colombia estableció, mediante la Circular Externa 053, una diligencia abreviada para la apertura de cuentas de ahorro, solicitando únicamente tres datos que figuran en la cédula de ciudadanía, se eliminó la tarjeta de firmas y la recolección de la huella digital, la entrevista personal y el envío de extractos. Sin embargo, este tipo de cuentas tienen límites en las operaciones, entre tres y ocho SMMLV. Estas son conocidas como cuentas de ahorros de trámite simplificado (CATS). Según Banca de las Oportunidades, a pesar de que las cuentas se comenzaron a abrir en 2011, a diciembre de 2012 ya se habían abierto 17.233 CATS.

Análogamente, durante 2009 y 2010 se desarrolló un régimen especial de protección a los consumidores financieros mediante la Ley 1328, el cual busca: i) fortalecer la normatividad existente sobre la materia; ii) buscar el equilibrio contractual entre las partes, y iii) evitar la asimetría en la información. En primer lugar, se ordena la creación del Sistema de Atención al Consumidor Financiero (SAC) que mediante políticas, procedimientos y controles proteja al usuario. El SAC busca que en cada entidad se consolide una cultura de atención, respeto y servicio a los consumidores financieros, se adopten sistemas para suministrarles información adecuada, se fortalezcan los procedimientos para la atención de sus quejas, peticiones y reclamos, y se propicie la protección de los derechos del consumidor financiero, así como su educación financiera.

De igual manera, se creó el Defensor del Consumidor Financiero (DCF), una institución orientada a la protección especial de los consumidores financieros (CF), que desde 2009 ejerce con autonomía e independencia. Esta institución se encarga de atender a los

3 Indicador de bancarización = número de personas mayores de edad con al menos un producto financiero / número de personas mayores de edad.

4 Cabe anotar que este ha sido el producto mediante el cual se entregan los subsidios del programa Familias en Acción por parte del Banco Agrario desde 2010.

CF, conocer y resolver quejas, ser su vocero ante la entidad, así como hacer recomendaciones a las entidades vigiladas sobre productos o servicios, así como protocolos para la atención al CF. Además, propone modificaciones normativas sobre protección de los derechos de los CF y actúa como conciliador.

Paralelamente, se regularon las cláusulas abusivas, prohibiendo de manera expresa su inclusión en los contratos bancarios que utilicen las entidades vigiladas. En el artículo 12 de la Ley 1328 se enuncian algunos casos de cláusulas que se consideran abusivas. Adicionalmente, la Circular Externa 039 de 2011 complementa minuciosamente dicha norma, mencionando ejemplos concretos respecto de cada una de ellas. Para finalizar el marco de protección al CF, la Ley 1480 de 2011 establece que la Superintendencia Financiera de Colombia puede conocer las controversias entre los CF y las entidades vigiladas, relacionadas exclusivamente con las obligaciones contractuales, y fallar con carácter definitivo como juez.

Cifras de los formatos 378 y 379 de la Superintendencia Financiera evidencian que el número de quejas en 2012 ascendió a 882.824, de las cuales el 88,9% fueron radicadas con la entidad directamente, el 6,3% frente al defensor del CF y el restante ante la Superintendencia Financiera de Colombia. Adicionalmente, en 2012 se presentaron 23 quejas por cada 100.000 transacciones, mientras que en 2008 esta cifra era de 32.

En relación con las tarifas, se tomaron medidas tendientes a controlar las de los servicios financieros. Mediante las leyes 1430 de 2010 y 1607 de 2012 se faculta al Gobierno para fijar tarifas, determinar precios máximos y mínimos, y a la Superintendencia Financiera de Colombia para establecer un esquema de seguimiento a la evolución de las tarifas de los servicios financieros. Además, impone la obligación a la Superintendencia de Industria y Comercio de realizar estudios de mercado con el fin de determinar problemas de competencia.

Además, dentro de los esfuerzos al control de las tarifas de servicios y productos es importante destacar que el Gobierno prohibió el cobro de penalizaciones por parte de las entidades financieras a los consumidores por el pago anticipado de las obligaciones de crédito (exceptuando el hipotecario).

Entre 2011 y 2013 Colombia continuó fortaleciendo el marco regulatorio de la oferta de productos. Por medio del Decreto 4687 de 2011 y la Circular Externa 07 de 2013 se establecen las condiciones mínimas para regular el depósito electrónico. Este producto debe estar asociado a uno o más instrumentos o mecanismos que permiten a su titular, mediante documentos físicos o mensajes de datos, extinguir una obligación dineraria, transferir fondos o hacer retiros. Con este decreto el Gobierno busca promover el acceso a los servicios financieros formales y masificar la utilización de transacciones electrónicas. Según Asobancaria, a marzo de 2013 un total de 1.586.498 colombianos se ha vinculado al sistema financiero mediante un depósito electrónico, producto que, gracias a las ventajas que ofrece la banca móvil en términos de acceso y la simplificación de trámites de apertura de cuentas, ha contribuido en forma importante a la bancarización.

La oferta de créditos bajo la modalidad de libranza existe desde hace varios años, sin embargo, era muy limitada y poco atractiva; además, presentaba algunos elementos que impedían su universalización. En 2012 esto cambió gracias a la Ley 1527, la cual reglamenta que cualquier persona natural asalariada, contratada por prestación de servicios,

asociada con una cooperativa o precooperativa⁵, fondo de empleados o pensionada, podrá adquirir productos y servicios financieros o bienes y servicios de cualquier naturaleza, acreditados con su salario, sus pagos u honorarios o su pensión, siempre que medie autorización expresa de descuento dada al empleador o entidad pagadora, quien en virtud de la suscripción de la libranza o descuento directo otorgada por el asalariado, contratista o pensionado, estará obligado a girar los recursos directamente a la entidad operadora. Esta ley convirtió a la libranza en una de las modalidades de crédito más apetecida, muestra de ello es que en diciembre de 2012 alcanzó el 30% del total de la cartera de consumo de las entidades financieras (COP22 billones).

Asimismo, para estimular la bancarización y el uso de dinero plástico⁶ el Gobierno ha creado algunos mecanismos que disminuyen el costo por el uso de productos financieros. Uno de estos surgió en 2012 gracias a la Ley 1607 y el Decreto 2876 de 2013, los cuales establecen la devolución de dos puntos del impuesto sobre las ventas pagado (IVA) por adquisiciones con tarjetas de crédito, débito o banca móvil. Sin embargo, este esfuerzo no tuvo buenos resultados y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) suspendió el proceso de devolución; la principal causa fue que los establecimientos que reciben pagos con datáfonos confundían el impuesto nacional al consumo con el IVA. Lamentablemente, no se pudieron realizar los pagos desde enero de 2013, pero se espera que en febrero de 2014 se reactive la devolución.

Otro de los mecanismos para incentivar a las personas el uso de productos financieros, específicamente aquellas transacciones en bancos que acusan el gravamen a los movimientos financieros (más conocido como “cuatro por mil”), por medio de la Ley 1607, estableció la exención de cuatro por mil para CAE, CATS y depósito electrónico para personas naturales que tengan débitos mensuales hasta por 65 unidades de valor tributario (uvt, equivalentes a COP1,7 millones), así como para los productos mediante los cuales se entreguen subsidios del Gobierno.

Las leyes 1450 de 2011 y 1328 de 2009 fueron los primeros pasos pero no los últimos que se darán en cuanto al tan mencionado tema de la educación financiera. En la primera se establece la obligación para el Ministerio de Educación de incorporarla en el programa de competencias básicas; y en la segunda, se incorpora como principio en la prestación de servicios financieros y se imparten obligaciones para las entidades financieras de desarrollar programas y campañas.

Vale la pena resaltar que recientemente el ministro de Hacienda, Mauricio Cárdenas, había lanzado la Estrategia Nacional de Inclusión Financiera, en la cual se definen como prioridades de la política de inclusión financiera nacional: la promoción del uso de servicios financieros urbanos y rurales, el acceso al crédito por parte de las pymes, la educación financiera y la provisión de servicios transaccionales para población no incluida. También, en febrero de 2014 se firmó el decreto por el cual se crea la Comisión Intersectorial de Inclusión Financiera, órgano superior que coordinará y orientará la Estrategia Nacional de Inclusión Financiera.

5 Las precooperativas son los grupos que, bajo la orientación y con el curso de una entidad promotora, se organizarán para realizar actividades permitidas a las cooperativas y que, por carecer de capacidad económica, educativa, administrativa o técnica, no están en posibilidad inmediata de organizarse como cooperativas.

6 Tarjetas débito o crédito, tarjeta inteligente, tarjetas prepagadas, entre otras.

De la misma manera, el ministro de Hacienda había radicado en el Congreso un proyecto de ley con el que el gobierno nacional busca crear un nuevo tipo de entidades financieras, que se denominarían sociedades especializadas en depósitos y pagos electrónicos. Con este proyecto de ley se pretende que más ciudadanos accedan a servicios como giros, pagos y transferencias, a menores costos. Adicionalmente, los pagos desde estas cuentas estarán exentos del GMF (cuatro por mil) cuando los retiros no superen los COP1,8 millones mensuales. De acuerdo con el MHCP, “una de las ventajas más importantes de esta iniciativa es que permite la construcción de historia de pagos, la trazabilidad de las operaciones y, en consecuencia, permitirá sin duda un tránsito ordenado y menos costoso hacia productos más sofisticados como el crédito o los seguros”⁷.

7 Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Ley 1735 de 2014 “por la cual se dictan medidas tendientes a promover el acceso a los servicios financieros transaccionales y se dictan otras disposiciones”. disponible en: <http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/leyes/Documents/LEY%201735%20DEL%2021%20DE%20OCTUBRE%20DE%202014.pdf>

ANEXO 2**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES DE LA ENCUESTA UTILIZADAS EN EL EJERCICIO EMPÍRICO****Cuadro A2.1.****Estadísticas descriptivas de las variables de la encuesta utilizadas en el ejercicio empírico**

Grupo	Variable	Tipo de variable	Descripción	Mín.	Máx.	Pro-medio	Desv. est.
Variables endógenas	Inversiones financieras (acciones, bonos, derivados)	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Seguros de vida	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Pensiones voluntarias	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Préstamos para compra de vivienda o tierra	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Un crédito formal	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Tarjetas de crédito	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Seguros generales	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Microcrédito	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Microseguros	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Cuenta de ahorros	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Cuenta corriente	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	crédito informal	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Ahorro informal	Categórica	Toma el valor de 1 cuando el encuestado declara tener el servicio financiero y 2 en caso contrario.	1	2		
	Género	Dicótoma	Toma el valor de 1 cuando el encuestado pertenece al género masculino y 0 en caso contrario.	0	1		
Variables exógenas	Edad	Continua	Número de años.	18	97	43,5	16,2
	Edad ²	Continua	Número de años al cuadrado.	324	9.409	2.159	1.559
	Estado Civil	Dicótoma	Toma el valor de 1 cuando el encuestado esta casado o vive en unión libre y 0 en caso contrario.	0	1		

Cuadro A2.1. (continuación)**Estadísticas descriptivas de las variables de la encuesta utilizadas en el ejercicio empírico**

Grupo	Variable	Tipo de variable	Descripción	Mín.	Máx.	Pro-medio	Desv. est.
Variables exógenas	Tamaño del hogar	Discreta	Número de personas que conforman el hogar.	1	13	3,7	1,86
	“Participa en Familias en Acción”	Dicótoma	Toma el valor de 1 si la persona esta dentro del programa “Familias en Acción” y recibe el subsidio a través de cuentas de ahorro y tarjetas prepago, y 0 en caso contrario.	0	1		
	Establecimientos financieros por cada 10.000 hab.	Continua	Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes.	0	3,10	1,47	0,97
Índice de variables económicas (flujo de Y)	Situación laboral	Dicótoma	Toma el valor de 1 si la persona esta empleada o autoempleada y 0 en caso contrario.	0	1		
	Variabilidad de los ingresos	Dicótoma	Toma el valor de 1 si los ingresos son variables y 0 en caso contrario.	0	1		
	Ingresos mensuales	Continua	Ingresos que gana en un mes.	30.000	10.000.000	864.100	879.552
Índice de necesidades de liquidez	Excesos de liquidez	Categoría	Toma el valor de 1 si al encuestado le sobra dinero luego de comprar artículos necesarios y 2 en caso contrario.	1	2		
	Restricciones de liquidez	Categoría	Toma el valor de 1 si al encuestado se queda corto de dinero para comprar artículos necesarios y 2 en caso contrario.	1	2		
	Endeudamiento para pagar deudas	Categoría	Toma el valor de 1 si al encuestado ha pedido prestado para pagar deudas y 2 en caso contrario.	1	2		
	Gastos imprevistos	Categoría	Toma el valor de 1 si el encuestado puede hacer frente a un gasto imprevisto y 2 en caso contrario.	1	2		
	Visión de corto plazo	Categoría	Toma el valor de 1 si el encuestado se enfoca en el corto plazo y 2 en caso contrario .	1	2		
Índice de preferencias intertemporales	Mas importante el presente que el futuro	Categoría	Toma el valor de 1 si el encuestado piensa que es mas importante el presente que el futuro y 2 en caso contrario.	1	2		
	El futuro se ocupa de si mismo	Categoría	Toma el valor de 1 si el encuestado piensa que el futuro se ocupa de si mismo y 2 en caso contrario.	1	2		
	Aprendizaje de errores en la admon del dinero	Categoría	Toma el valor de 1 si el encuestado aprende de los errores en la admon del dinero y 2 en caso contrario .	1	2		
Índice de actitudes financieras	Ahorro para el futuro	Categoría	Toma el valor de 1 si el encuestado ahorran dinero para el futuro y 2 en caso contrario.	1	2		
	Ahorro con regularidad	Categoría	Toma el valor de 1 si el encuestado ahorra dinero con regularidad y 2 en caso contrario .	1	2		
	Ahorro con regularidad para emergencias	Categoría	Toma el valor de 1 si el encuestado ahorra dinero para emergencias y 2 en caso contrario.	1	2		

Cuadro A2.1. (continuación)**Estadísticas descriptivas de las variables de la encuesta utilizadas en el ejercicio empírico**

Grupo	Variable	Tipo de variable	Descripción	Mín.	Máx.	Pro-medio	Desv. est.
Índice de actitudes financieras	Tiempo de planeación financiera	Categórica	Horizonte temporal de planeación financiera del encuestado.	1	4		
	Decisiones financieras informadas	Categórica	Toma el valor de 1 si el encuestado se informa para tomar decisiones financieras y cero en caso contrario.	1	2		
	División	Dicótoma	Toma el valor de 1 si el encuestado responde correctamente y 0 en caso contrario.	0	1		
Índice de conocimientos financieros	Inflación	Dicótoma	Toma el valor de 1 si el encuestado responde correctamente y 0 en caso contrario.	0	1		
	Interés	Dicótoma	Toma el valor de 1 si el encuestado responde correctamente y 0 en caso contrario.	0	1		
	Interés simple	Dicótoma	Toma el valor de 1 si el encuestado responde correctamente y 0 en caso contrario.	0	1		
	Interés compuesto	Dicótoma	Toma el valor de 1 si el encuestado responde correctamente y 0 en caso contrario.	0	1		
	Servicios financieros	Continua	Acceso a todos los servicios financieros indicados en la encuesta.	0,14	0,75	0,23	0,12
Índices endógenos	Servicios financieros formales	Continua	Acceso a los servicios financieros formales indicados en la encuesta.	0,14	0,75	0,23	0,12
	Servicios financieros activos	Continua	Acceso a todos los servicios financieros activos indicados en la encuesta.	0,16	0,79	0,24	0,12
	Servicios financieros activos formales	Continua	Acceso a los servicios financieros activos formales indicados en la encuesta.	0,16	0,81	0,25	0,12
	Servicios financieros pasivos	Continua	Acceso a los servicios financieros pasivos indicados en la encuesta.	0,11	0,88	0,20	0,16
	Servicios financieros pasivos formales	Continua	Acceso a los servicios financieros pasivos formales indicados en la encuesta.	0,11	0,89	0,20	0,16
	Índice de variables económicas (flujo de Y)	Continua	Combinación entre la situación laboral, la variabilidad de los ingresos y los ingresos mensuales del encuestado.	0,24	0,56	0,38	0,09
Índices exógenos	Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	Continua	Exceso de dinero del encuestado luego de cubrir todo tipo de gastos.	0,35	0,65	0,44	0,09
	Índice de preferencias intertemporales	Continua	Importancia relativa del corto plazo frente al largo plazo.	0,34	0,66	0,44	0,12
	Índice de actitudes financieras	Continua	Tipo de hábitos financieros en cuanto a planeación, ahorro y administración del dinero.	0,32	0,66	0,43	0,12
	Índice de conocimientos financieros	Continua	Capacidad de los encuestados para realizar divisiones, calcular intereses y conocer la inflación.	0,15	0,68	0,25	0,14

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 2.1

CORRELACIONES ENTRE TODAS LAS VARIABLES UTILIZADAS (*: 10% DE SIGNIFICANCIA)

Cuadro A2.2.

Correlaciones entre todas las variables utilizadas

Variables	Inversiones financieras	Seguros de vida	Pensiones voluntarias	Préstamos para compra de vivienda o tierra
Inversiones financieras	1			
Seguros de vida	0,1055*	1		
Pensiones voluntarias	0,0189	0,1485*	1	
Préstamos para compra de vivienda o tierra	0,0301	0,1933*	0,2135*	1
Crédito formal	0,0597*	0,1662*	0,1657*	0,2076*
Tarjetas de crédito	0,0952*	0,2207*	0,2681*	0,1967*
Seguros generales	0,0598*	0,2903*	0,0995*	0,2195*
Microcrédito	-0,0031	0,0547*	0,0844*	0,0222
Microseguros	0,035	0,2681*	0,2150*	0,1594*
Cuenta de ahorros	0,1644*	0,3284*	0,2722*	0,2286*
Cuenta corriente	0,1242*	0,1262*	0,1180*	0,0407
Crédito informal	-0,0476	-0,0328	0,0559*	-0,0218
Ahorro informal	0,0489	-0,0065	0,0573*	0,0232
Género	-0,0149	-0,0760*	-0,0832*	-0,0106
Edad	-0,0212	0,0950*	0,0131	0,0797*
Estado civil	0,0061	-0,0900*	-0,0263	-0,1052*
Tamaño del hogar	0,0023	0,0255	0,0466	-0,0169
Familias en Acción	-0,033	0,0229	0,0444	0,0529*
Situación laboral	0,0175	-0,1445*	-0,1581*	-0,1083*
Ingresos variables o fijos (personal)	0,0265	0,0712*	0,1027*	-0,0136
Dinero que gana en un mes	-0,1126*	-0,2618*	-0,2713*	-0,1898*
Condiciones económicas	-0,0594*	-0,1209*	-0,1338*	-0,0984*
Alguna vez usted o su hogar tiene dinero de sobra luego de comprar artículos necesarios	0,0861*	0,1425*	0,0904*	0,0529*
Se quedan escasos de dinero para comprar comida o artículos necesarios	-0,0908*	-0,1103*	-0,1427*	-0,0710*
Ha pedido prestado para pagar deudas	-0,0403	-0,0084	0,0063	0,0816*
Puede cubrir un gasto imprevisto sin pedir prestado	0,1193*	0,0890*	0,0294	0,0438
Índice de necesidades de liquidez	-0,1410*	-0,1570*	-0,1069*	-0,0664*
Solo me enfoco en el corto plazo	-0,0193	-0,0564*	-0,0245	-0,0261
Vivo más para el presente que para el futuro	-0,0830*	-0,1671*	-0,0459	-0,0437
El futuro se ocupa de sí mismo	-0,0677*	-0,1607*	-0,0149	-0,0157
Índice de actitudes intertemporales	-0,0814*	-0,1770*	-0,0412	-0,0405
Aprendo de los errores que otras personas comenten al administrar su dinero	0,0252	0,0217	0,0178	0,0351
Trato de ahorrar dinero para el futuro	0,0503*	0,1524*	0,0324	0,0826*
Trato de ahorrar dinero con regularidad	0,0781*	0,1668*	0,0782*	0,1032*
Siempre trato de tener ahorros o recursos para emergencias	0,0577*	0,1294*	0,0629*	0,0763*
Con cuánto tiempo hacia adelante planea usted	0,007	-0,0694*	-0,0203	-0,0654*

Crédito formal	Tarjetas de crédito	Seguros generales	Microcrédito	Microseguros	Cuenta de ahorros	Cuenta corriente
1	1	1	1	1	1	1
0,3798*	0,2917*	0,1121*	0,1322*	0,2561*	0,1818*	-0,0217
0,2314*	0,1403*	0,1638*	0,1208*	0,1326*	0,1018*	0,1270*
0,1489*	0,2087*	0,2150*	0,1168*	0,0797*	-0,002	-0,0756*
0,1567*	0,3956*	0,1907*	0,1031*	0,0898*	0,0950*	0,0289
0,2895*	0,2493*	0,0191	0,0381	-0,0167	-0,0442	0,0078
0,1905*	-0,0118	0,0831*	-0,0474	0,0931*	0,0725*	0,0164
0,0620*	0,0492	-0,0722*	0,016	0,0519*	0,0434	0,0283
0,0421	-0,0473	0,0333	-0,0807*	-0,0708*	-0,2390*	-0,0671*
-0,0475	0,0354	0,046	-0,0137	0,1038*	0,1246*	0,0255
0,041	-0,1243*	-0,0549*	0,0107	-0,2395*	-0,4022*	-0,1417*
-0,1296*	0,0156	-0,0968*	-0,0463	-0,1236*	-0,1579*	-0,0377
-0,02	0,011	-0,0361	0,0463	0,1086*	0,2328*	0,1306*
0,0005	-0,1729*	-0,0285	-0,0196	-0,1132*	-0,2637*	-0,1193*
-0,0972*	0,0422	0,0312	-0,0434	0,0152	0,0137	0,025
0,0168	-0,3414*	0,0538*	0,0312	0,0882*	0,1111*	0,1022*
-0,2769*	-0,1690*	-0,1633*	-0,0301	-0,1381*	-0,2619*	-0,1581*
-0,0704*	0,1176*	0,0434	-0,0053	0,0107	-0,1374*	-0,0774*
0,0960*	-0,1690*	-0,0712*	-0,0169	-0,0825*	-0,1912*	-0,0579*
-0,0750*	0,0708*	-0,0307	-0,0079	-0,1058*	-0,1814*	-0,0802*
0,0965*	0,1179*	-0,0441	-0,0149	-0,0857*	-0,2217*	-0,0855*
-0,0121	-0,1717*	0,0418	-0,0265	0,0417	0,0677*	0,0218
-0,0583*	-0,0344	0,0531*	0,0789*	0,0494	0,1969*	0,0790*
-0,043	-0,1264*	0,0769*	0,0906*	0,0986*	0,2088*	0,0974*
-0,1297*	-0,0644*	0,0772*	0,0967*	0,1275*	0,2079*	0,0711*
-0,0944*	-0,1123*	-0,0055	0,0282	-0,0242	-0,1143*	0,0029
-0,1269*	0,0183					
0,0372	0,0985*					
0,0776*	0,1239*					
0,0926*	0,1339*					
0,0472	-0,0472					
-0,0811*						

Cuadro A2.2. (continuación)**Correlaciones entre todas las variables utilizadas**

Variables	Inversiones financieras	Seguros de vida	Pensiones voluntarias	Préstamos para compra de vivienda o tierra
Siempre obtengo información para tomar decisiones financieras	0,0502*	0,1275*	0,0632*	0,0881*
Índice de actitudes financieras	0,0764*	0,1776*	0,0667*	0,1112*
División	-0,0393	-0,0399	-0,0600*	-0,0103
Inflación	-0,0471	-0,0980*	-0,0920*	-0,0374
Interés	0,0099	-0,0436	-0,0538*	-0,0256
Interés simple	-0,0914*	-0,1488*	-0,0405	-0,0728*
Interés compuesto	0,0118	-0,0505*	-0,0252	-0,0498*
Índice de educación financiera	-0,0121	-0,0121	0,0475	-0,0115
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes	-0,0689*	-0,0993*	-0,1180*	-0,0721*

Variables	Crédito informal	Ahorro informal	Género	Edad
Crédito informal	1			
Ahorro informal	0,0052	1		
Género	0,0008	0,0287	1	
Edad	0,0082	0,0217	0,0332	1
Estado civil	-0,0792*	0,0248	0,1738*	0,0068
Tamaño del hogar	-0,0288	0,0202	-0,0166	-0,2550*
Familias en Acción	-0,0337	0,0387	0,0316	-0,0028
Situación laboral	-0,0656*	-0,0336	0,1255*	-0,1972*
Ingresos variables o fijos (personal)	-0,043	-0,0578*	0,0438	-0,0678*
Dinero que gana en un mes	-0,0646*	-0,1310*	0,1080*	-0,1082*
Condiciones económicas	0,0415	0,016	-0,0122	0,0436
Alguna vez usted o su hogar tiene dinero de sobra luego de comprar artículos necesarios	-0,0067	0,0504*	-0,1601*	0,2938*
Se quedan escasos de dinero para comprar comida o artículos necesarios	0,024	-0,0714*	0,0943*	-0,1337*
Ha pedido prestado para pagar deudas	0,1680*	-0,0096	0,0014	0,0598*
Puede cubrir un gasto imprevisto sin pedir prestado	-0,0752*	0,0512*	-0,0249	0,0598*
Índice de necesidades de liquidez	0,0660*	-0,0770*	0,1256*	-0,2206*
Solo me enfoco en el corto plazo	-0,0164	-0,0143	0,0943*	-0,1810*
Vivo más para el presente que para el futuro	-0,0042	-0,0175	0,0713*	-0,1766*
El futuro se ocupa de sí mismo	0,003	-0,0477	0,0335	-0,1898*
Índice de actitudes intertemporales	-0,0062	-0,0312	0,0830*	-0,2272*
Aprendo de los errores que otras personas comenten al administrar su dinero	-0,0529*	0,0326	-0,0089	0,0819*
Trato de ahorrar dinero para el futuro	0,0022	0,0852*	-0,0573*	0,2187*
Trato de ahorrar dinero con regularidad	-0,0107	0,0692*	-0,0604*	0,2187*
Siempre trato de tener ahorros o recursos para emergencias	0,0218	0,0421	-0,0073	0,2162*
Con cuánto tiempo hacia adelante planea usted	-0,013	-0,0273	0,0359	-0,1554*
Siempre obtengo información para tomar decisiones financieras	0,0272	0,0111	0,0322	0,0192
Índice de actitudes financieras	0,0063	0,0757*	-0,0416	0,2608*

Crédito formal	Tarjetas de crédito	Seguros generales	Microcrédito	Microseguros	Cuenta de ahorros	Cuenta corriente
0,1040*	0,0463	0,1160*	0,0724*	0,0931*	0,1715*	-0,0037
0,0992*	0,1389*	0,0870*	0,0914*	0,1118*	0,2532*	0,0920*
0,0007	-0,0008	-0,0072	-0,0611*	0,0184	-0,0476	-0,0035
-0,0355	-0,0814*	-0,0932*	-0,0216	0,0525*	-0,0507*	-0,0106
-0,0445	-0,0866*	-0,0542*	-0,0171	-0,0715*	-0,1121*	-0,0616*
-0,0946*	-0,1082*	-0,0923*	-0,0156	-0,0395	-0,1228*	-0,0752*
-0,0679*	-0,0620*	-0,0549*	-0,0809*	-0,0373	-0,0762*	0,0202
-0,0175	-0,0014	-0,0102	0,0376	0,0154	0,0429	0,0128
-0,0323	-0,1554*	-0,1439*	-0,0388	-0,0804*	-0,1177*	-0,1078*
Estado civil	Tamaño del hogar	Familias en Acción	Situación laboral	Ingresos variables o fijos (personal)	Dinero que gana en un mes	Condiciones económicas
1	1	1	1	1	1	1
0,2028*	0,0314	0,0133	-0,1178*	-0,1674*	0,0761*	-0,0274
0,0849*	0,0622*	0,0226	0,2060*	-0,2960*	-0,2803*	0,0507*
0,0626*	0,1141*	0,0226	0,3978*	-0,0053	0,3843*	0,0729*
0,0176	0,0131	-0,0293	0,0957*	-0,0916*	-0,0336	-0,0031
0,2114*	-0,0502*	0,0211	0,0298	0,012	-0,1144*	0,0379
-0,0323	-0,0198	-0,0249	0,0897*	-0,0361	0,3245*	0,0379
0,0502*	-0,0601*	-0,0148	0,0778*	-0,0038	0,1466*	-0,0032
0,0305	-0,0629*	-0,0018	0,0750*	0,0064	0,1939*	0,0445
-0,0666*	0,0910*	0,0103	0,0884*	-0,0336	0,1709*	0,0165
0,0596*	-0,0635*	0,0024	0,0994*	-0,0083	0,2225*	0,0333
-0,0542*	0,0874*	0,0002	-0,0162	-0,0473	-0,0489	0,0708*
0,0666*	0,0537*	0,0088	-0,1202*	-0,0217	-0,2034*	0,0845*
0,0476	0,0725*	-0,0163	-0,1227*	-0,0057	-0,2724*	0,0747*
0,0343	0,0830*	0,0002	-0,0967*	0,0301	-0,2790*	0,0721*
0,0605*	-0,0930*	-0,041	0,1335*	0,0213	0,1366*	0,0298
-0,0292	-0,0279	-0,0277	-0,031	0,0182	-0,1939*	0,0499*
-0,0612*	-0,005	-0,0215	0,0035	0,0035	-0,3214*	0,0779*
-0,0525*	0,0368	0,0035	-0,0967*	0,0301	-0,2790*	0,0721*
-0,0369	0,0201	0,0296	0,1335*	0,0213	0,1366*	0,0298
0,0738*	0,0689*	-0,0254	-0,031	0,0182	-0,1939*	0,0499*
-0,0396	0,0048	-0,0169	-0,1428*	0,0035	-0,3214*	0,0779*
-0,0599*						

Cuadro A2.2. (continuación)
Correlaciones entre todas las variables utilizadas

Variables	Crédito informal	Ahorro informal	Género	Edad
División	-0,0337	-0,022	0,0793*	-0,1940*
Inflación	0,0118	-0,0272	-0,0089	-0,1111*
Interés	-0,0092	-0,0597*	0,0680*	-0,1691*
Interés simple	-0,0267	-0,0059	0,1032*	-0,0760*
Interés compuesto	-0,0361	-0,0778*	0,0336	-0,0778*
Índice de educación financiera	0,0177	0,0369	-0,0573*	0,1884*
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes	0,0104	-0,1289*	-0,0441	-0,0900*
Variables	Alguna vez tiene dinero de sobra luego de comprar artículos necesarios	Se quedan escasos de dinero para comprar comida o artículos necesarios	Ha pedido prestado para pagar deudas	Puede cubrir un gasto imprevisto sin pedir prestado
Inversiones financieras				
Seguros de vida				
Pensiones voluntarias				
Préstamos para compra de vivienda o tierra				
Crédito formal				
Tarjetas de crédito				
Seguros generales				
Microcrédito				
Microseguros				
Cuenta de ahorros				
Cuenta corriente				
Crédito informal				
Ahorro informal				
Género				
Edad				
Estado civil				
Tamaño del hogar				
Familias en Acción				
Situación laboral				
Ingresos variables o fijos (personal)				
Dinero que gana en un mes				
Condiciones económicas				
Alguna vez usted o su hogar tiene dinero de sobra luego de comprar artículos necesarios	1			
Se quedan escasos de dinero para comprar comida o artículos necesarios	-0,3434*	1		
Ha pedido prestado para pagar deudas	-0,1229*	0,2286*	1	
Puede cubrir un gasto imprevisto sin pedir prestado	0,1890*	-0,2339*	-0,1674*	1
Índice de necesidades de liquidez	-0,7351*	0,6381*	0,3106*	-0,7276*

Estado civil	Tamaño del hogar	Familias en Acción	Situación laboral	Ingresos variables o fijos (personal)	Dinero que gana en un mes	Condiciones económicas
0,0723*	0,0346	-0,0015	0,1370*	0,0720*	0,1523*	-0,0093
-0,0031	0,0301	0,0183	0,0525*	0,0235	0,0418	0,0656*
0,0542*	0,0446	0,0284	0,1365*	-0,0071	0,2136*	-0,0285
0,0580*	0,0361	-0,0019	0,0686*	0,0327	0,1899*	0,0782*
0,0458	-0,015	0,0042	0,0811*	-0,0129	0,1231*	0,0095
-0,0580*	-0,036	-0,0134	-0,1376*	-0,035	-0,1479*	0,0565*
-0,0512*	0,008	-0,1191*	0,0666*	-0,0369	0,2579*	0,0135
Índice de necesidades de liquidez	Solo me enfoco en el corto plazo	Vivo más para el presente que para el futuro	El futuro se ocupa de sí mismo	Índice de actitudes intertemporales	Aprendo de los errores que otras personas cometen al administrar su dinero	Trato de ahorrar dinero para el futuro

Cuadro A2.2. (continuación)**Correlaciones entre todas las variables utilizadas**

Variab	Alguna vez tiene dinero de sobra luego de comprar artículos necesarios	Se quedan escasos de dinero para comprar comida o artículos necesarios	Ha pedido prestado para pagar deudas	Puede cubrir un gasto imprevisto sin pedir prestado
Solo me enfoco en el corto plazo	-0,1600*	0,0933*	-0,0373	0,002
Vivo más para el presente que para el futuro	-0,1257*	0,1549*	-0,0539*	-0,0455
El futuro se ocupa de sí mismo	-0,1280*	0,0846*	-0,0343	0,0467
Índice de actitudes intertemporales	-0,1679*	0,1536*	-0,0564*	-0,0128
Aprendo de los errores que otras personas comenten al administrar su dinero	0,0125	-0,0126	0,0051	-0,0133
Trato de ahorrar dinero para el futuro	0,2396*	-0,1028*	-0,0232	0,1107*
Trato de ahorrar dinero con regularidad	0,2658*	-0,1660*	-0,0057	0,1163*
Siempre trato de tener ahorros o recursos para emergencias	0,2314*	-0,1910*	-0,0502*	0,1663*
Con cuánto tiempo hacia adelante planea usted	-0,1161*	0,0734*	-0,044	0,0191
Siempre obtengo información para tomar decisiones financieras	0,0830*	-0,1235*	0,0438	0,0700*
Índice de actitudes financieras	0,2742*	-0,1845*	-0,0092	0,1343*
División	-0,1073*	0,1221*	0,0044	0,0033
Inflación	-0,0268	0,0349	0,0107	-0,0791*
Interés	-0,1057*	0,0947*	-0,032	-0,0257
Interés simple	-0,1251*	0,1189*	-0,0111	-0,0266
Interés compuesto	-0,1132*	0,0178	0,0099	-0,0284
Índice de educación financiera	0,0797*	-0,0946*	0,0132	-0,0075
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes	-0,0694*	0,1040*	-0,0472	-0,0377
Variab	Trato de ahorrar dinero con regularidad	Siempre trato de tener ahorros o recursos para emergencias	Con cuánto tiempo hacia adelante planea usted	Siempre obtengo información para tomar decisiones financieras
Inversiones financieras				
Seguros de vida				
Pensiones voluntarias				
Préstamos para compra de vivienda o tierra				
Crédito formal				
Tarjetas de crédito				
Seguros generales				
Microcrédito				
Microseguros				
Cuenta de ahorros				
Cuenta corriente				
Crédito informal				
Ahorro informal				

Índice de necesidades de liquidez	Solo me enfoco en el corto plazo	Vivo más para el presente que para el futuro	El futuro se ocupa de sí mismo	Índice de actitudes intertemporales	Aprendo de los errores que otras personas cometen al administrar su dinero	Trato de ahorrar dinero para el futuro
0,1074*	1					
0,1336*	0,4122*	1				
0,0642*	0,3222*	0,4459*	1			
0,1369*	0,6486*	0,9055*	0,7124*	1		
-0,0028	0,0058	-0,0352	-0,0297	-0,031	1	
-0,2176*	-0,1614*	-0,2040*	-0,1466*	-0,2248*	0,0958*	1
-0,2525*	-0,0972*	-0,1548*	-0,1188*	-0,1662*	0,1127*	0,6734*
-0,2736*	-0,1309*	-0,1437*	-0,0726*	-0,1527*	0,1054*	0,5802*
0,0687*	0,1107*	0,1283*	0,1084*	0,1493*	-0,0707*	-0,2251*
-0,1159*	0,0103	-0,0967*	-0,0271	-0,0683*	0,1388*	0,1771*
-0,2727*	-0,1520*	-0,2121*	-0,1409*	-0,2255*	0,1719*	0,7923*
0,0923*	0,0570*	0,0745*	0,0547*	0,0820*	-0,0187	-0,1065*
0,0686*	0,0262	0,0249	0,0369	0,0357	0,0309	0,007
0,0955*	0,0765*	0,0853*	0,1571*	0,1288*	-0,0486	-0,1168*
0,1153*	0,0863*	0,1388*	0,1264*	0,1555*	-0,0431	-0,0639*
0,0800*	0,0182	-0,0055	0,0234	0,0094	0,017	-0,0778*
-0,0656*	-0,0500*	-0,0521*	-0,0787*	-0,0738*	0,0309	0,1128*
0,0849*	0,0058	0,0197	0,0687*	0,0374	-0,041	-0,0354
Índice de actitudes financieras	División	Inflación	Interés	Interés simple	Interés compuesto	Índice de educación financiera

Cuadro A2.2. (continuación)
Correlaciones entre todas las variables utilizadas

Variables	Trato de ahorrar dinero con regularidad	Siempre trato de tener ahorros o recursos para emergencias	Con cuánto tiempo hacia adelante planea usted	Siempre obtengo información para tomar decisiones financieras
Género				
Edad				
Estado civil				
Tamaño del hogar				
Familias en Acción				
Situación laboral				
Ingresos variables o fijos (personal)				
Dinero que gana en un mes				
Factor de económicas				
Alguna vez usted o su hogar tiene dinero de sobra luego de comprar artículos necesarios				
Se quedan escasos de dinero para comprar comida o artículos necesarios				
Ha pedido prestado para pagar deudas				
Puede cubrir un gasto imprevisto sin pedir prestado				
Índice de necesidades de liquidez				
Solo me enfoco en el corto plazo				
Vivo más para el presente que para el futuro				
El futuro se ocupa de sí mismo				
Índice de actitudes intertemporales				
Aprendo de los errores que otras personas comenten al administrar su dinero				
Trato de ahorrar dinero para el futuro	1			
Trato de ahorrar dinero con regularidad		1		
Siempre trato de tener ahorros o recursos para emergencias	0,7005*		1	
Con cuánto tiempo hacia adelante planea usted	-0,2078*	-0,2456*		1
Siempre obtengo información para tomar decisiones financieras	0,1639*	0,1725*	-0,0755*	
Índice de actitudes financieras	0,8912*	0,8694*	-0,3936*	0,2690*
División	-0,1469*	-0,1374*	0,1297*	-0,0711*
Inflación	-0,0097	-0,0221	0,0224	-0,0384
Interés	-0,1608*	-0,1953*	0,0804*	-0,0899*
Interés simple	-0,0843*	-0,0626*	0,0134	-0,0585*
Interés compuesto	-0,0639*	-0,0961*	0,0717*	-0,0787*
Índice de educación financiera	0,1590*	0,1746*	-0,1234*	0,0698*
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes	-0,0617*	-0,0793*	0,0202	-0,0610*

* 10% de significancia.

Fuente: cálculos de los autores.

Índice de actitudes financieras	División	Inflación	Interés	Interés simple	Interés compuesto	Índice de educación financiera
1	1	1	1	1	1	1
-0,1683*	0,0824*	0,0217	0,1154*	-0,0073	-0,0213	-0,0201
-0,0122	0,2453*	0,1040*	0,0572*	0,1713*	0,0319	
-0,1981*	0,1558*	0,0199	0,0663*	0,0738*		
-0,0935*	0,1229*	0,0199	0,0663*	0,0738*		
-0,1044*	0,1229*	0,0199	0,0663*	0,0738*		
0,1879*	-0,7744*	0,0663*	-0,6903*	0,1713*	-0,0213	1
-0,0829*	0,0132	0,0477	0,0773*	0,0738*	0,0319	-0,0201

ANEXO 3

REGRESIONES (OLS) AGREGADO LAS VARIABLES ENDÓGENAS Y EXÓGENAS CON COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Cuadro A3.1.

Regresiones (OLS) agregando las variables endógenas y exógenas con componentes principales (ACP)

Variables	Todos los servicios		Servicios formales	
Género (hombre)	-0,0502 (-1,40)	-0,0466 (-1,27)	-0,0519 (-1,45)	-0,0485 (-1,32)
Edad	-0,00859 (-1,44)	-0,00742 (-1,25)	-0,0084 (-1,40)	-0,00724 (-1,22)
Edad ²	0,0000574 -0,9	0,0000686 -1,09	0,0000553 -0,86	0,0000669 -1,06
Estado civil (casado o unión libre)	-0,0816* (-2,26)	-0,0661 (-1,87)	-0,0827* (-2,31)	-0,0671 (-1,90)
Tamaño del hogar	0,0204* -2,27	0,0212* -2,36	0,0204* -2,27	0,0212* -2,35
“Índice de variables económicas (flujo de Y)”	-0,210*** (-8,87)	-0,245*** (-10,63)	-0,209*** (-8,88)	-0,244*** (-10,63)
“Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)”	0,0690* -2,14	0,0819* -2,5	0,0687* -2,12	0,0818* -2,49
“Índice de preferencias intertemporales”	-0,0556 (-1,90)	-0,0744* (-2,51)	-0,0554 (-1,88)	-0,0745* (-2,51)
Índice de actitudes financieras	0,0637** -2,91	0,0685** -3,06	0,0627** -2,86	0,0677** -3,02
Último nivel de escolaridad	-0,0707*** (-4,89)		-0,0715*** (-4,98)	
Índice de conocimientos financieros		-0,00923 (-0,22)		-0,00704 (-0,16)
“Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes”	-0,0424* (-2,32)	-0,0480** (-2,61)	-0,0404* (-2,22)	-0,0461* (-2,51)
“Participación en familias en Acción”	0,0216 -0,49	0,0269 -0,6	0,02 -0,45	0,0254 -0,56
Constante	7,057*** -38,7	6,770*** -35,78	6,842*** -37,36	6,550*** -34,43
Tamaño de la muestra	1.106	1.106	1.106	1.106
R-cuadrado	0,309	0,289	0,307	0,286

Estadístico t en paréntesis

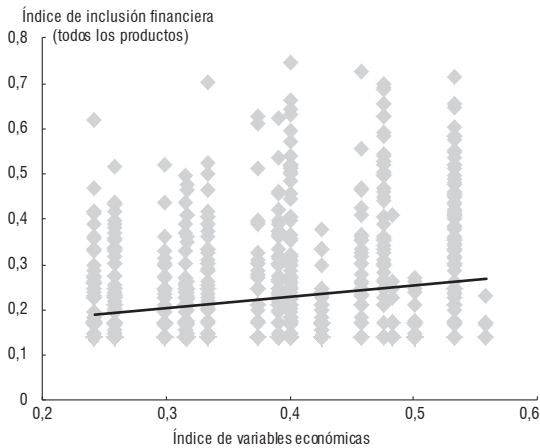
* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fuente: cálculos de los autores.

Servicios activos		Activos formales		Servicios pasivos		Pasivos formales	
-0,0571	-0,0545	-0,06	-0,0576	-0,00526	-0,00273	-0,00527	-0,00284
(-1,82)	(-1,69)	(-1,91)	(-1,78)	(-0,19)	(-0,10)	(-0,19)	(-0,10)
-0,00725	-0,0064	-0,00716	-0,00631	-0,00505	-0,00431	-0,00462	-0,00387
(-1,37)	(-1,21)	(-1,34)	(-1,19)	(-1,20)	(-1,03)	(-1,09)	(-0,92)
0,0000461	0,0000546	0,000045	0,000054	0,0000393	0,0000454	0,0000338	0,0000404
-0,81	-0,97	-0,79	-0,96	-0,9	-1,04	-0,77	-0,92
-0,0288	-0,0173	-0,0309	-0,0192	-0,0962***	-0,0867**	-0,0948***	-0,0850**
(-0,90)	(-0,54)	(-0,96)	(-0,60)	(-3,48)	(-3,19)	(-3,42)	(-3,11)
0,0224**	0,0230**	0,0225**	0,0231**	0,00366	0,00412	0,00371	0,00419
-2,94	-3	-2,94	-3,01	-0,52	-0,59	-0,53	-0,6
-0,172***	-0,197***	-0,172***	-0,199***	-0,121***	-0,141***	-0,118***	-0,140***
(-8,29)	(-9,73)	(-8,36)	(-9,77)	(-6,63)	(-8,01)	(-6,49)	(-7,87)
0,0928**	0,102***	0,0911**	0,101***	-0,0143	-0,00657	-0,00913	-0,00112
-3,18	-3,48	-3,1	-3,41	(-0,61)	(-0,28)	(-0,39)	(-0,05)
-0,0641*	-0,0782**	-0,0642*	-0,0786**	-0,00946	-0,0207	-0,00935	-0,0211
(-2,47)	(-2,99)	(-2,47)	(-2,99)	(-0,41)	(-0,90)	(-0,40)	(-0,91)
0,0594**	0,0631**	0,0583**	0,0621**	0,0286	0,0312	0,0285	0,0314
-3,01	-3,13	-2,93	-3,07	-1,81	-1,92	-1,8	-1,93
-0,0528***		-0,0537***		-0,0430***		-0,0445***	
(-4,33)		(-4,44)		(-3,91)		(-4,00)	
	-0,00568		-0,0029		-0,0101		-0,00831
	(-0,17)		(-0,08)		(-0,28)		(-0,23)
-0,0374*	-0,0416**	-0,0343*	-0,0386*	-0,0191	-0,0225	-0,0197	-0,0232
(-2,37)	(-2,61)	(-2,17)	(-2,41)	(-1,35)	(-1,60)	(-1,40)	(-1,65)
0,0531	0,0571	0,0503	0,0544	-0,0339	-0,0307	-0,0313	-0,0279
-1,42	-1,49	-1,33	-1,41	(-0,97)	(-0,86)	(-0,90)	(-0,79)
5,693***	5,478***	5,447***	5,226***	4,424***	4,254***	4,231***	4,054***
-36,13	-34,38	-34,3	-32,45	-31,83	-29,75	-30,3	-28,25
1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106
0,297	0,282	0,294	0,279	0,175	0,16	0,173	0,158

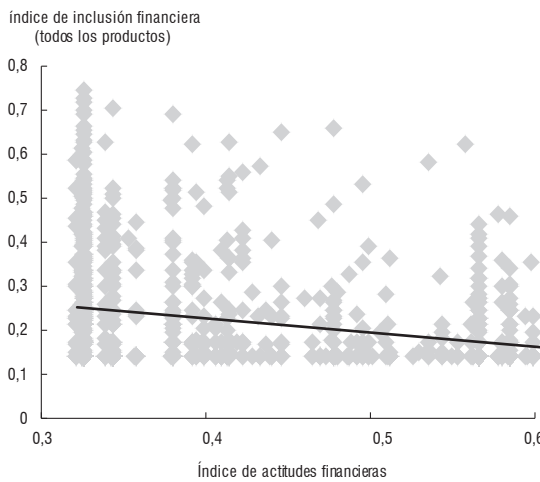
ANEXO 4
RELACIÓN DE LOS ÍNDICES DE VARIABLES EXÓGENAS, CON DE ACCESO MÁS GENERAL, Y
COMPOSICIÓN DE LOS ÍNDICES

Índice de variables económicas



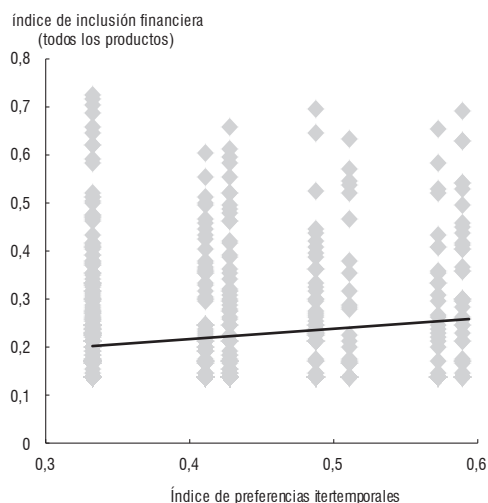
Variables	Categorías	Factor 1
		Contribución
Situación laboral	PEA	0,215
	PEI	0,14
Comportamiento de los ingresos	Variables	0,09
	Fijos	0,147
Cuartiles de ingresos	Primero	0,196
	Segundo	0,012
	Tercero	0,029
	Cuarto	0,171
Número de observaciones		1.106
Porcentaje de la inercia explicado		92,81

Índice de necesidades de liquidez



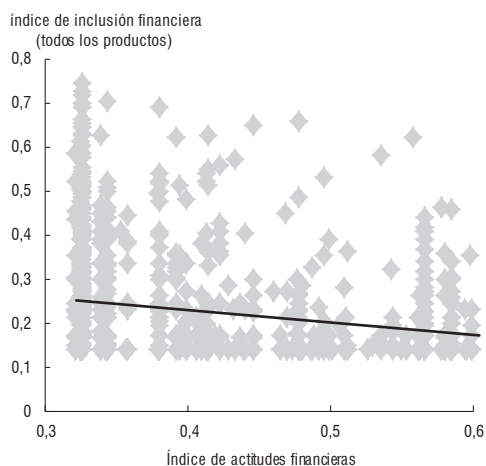
Variables	Categorías	Factor 1
		Contribución
¿Tiene dinero de sobra luego de comprar artículos necesarios?	Sí	0,192
	No	0,089
¿Se queda escaso de dinero para comprar artículos necesarios?	Sí	0,14
	No	0,2
¿Ha pedido prestado para pagar deudas?	Sí	0,067
	No	0,083
¿Puede cubrir un gasto imprevisto sin pedir prestado?	Sí	0,174
	No	0,055
Número de observaciones		1.106
Porcentaje de la inercia explicado		93,82

Índice de preferencias intertemporales



Variables	Categorías	Factor 1
		Contribución
Solo me enfoco en el corto plazo	De acuerdo	0,118
	Desacuerdo	0,184
Vivo más para el presente que para el futuro	De acuerdo	0,1
	Desacuerdo	0,267
El futuro se ocupa de sí mismo	De acuerdo	0,125
	Desacuerdo	0,206
Número de observaciones		1.106
Porcentaje de la inercia explicado		99,05

Índice de actitudes financieras



Variables	Categorías	Factor 1
		Contribución
Aprendo de los errores que otras personas comenten al administrar su dinero	De acuerdo	0,002
	Desacuerdo	0,016
Trato de ahorrar dinero para el futuro	Sí	0,107
	No	0,162
Trato de ahorrar dinero con regularidad	Sí	0,099
	No	0,196
Siempre trato de tener ahorros o recursos para emergencias	Sí	0,095
	No	0,184
Con cuánto tiempo hacia adelante planea usted	No planea	0,074
	Corto Plazo	0,008
	Mediano Plazo	0,007
	Largo Plazo	0,004
Siempre obtengo información para tomar decisiones financieras	De acuerdo	0,014
	Desacuerdo	0,032
Número de observaciones		1.106
Porcentaje de la inercia explicado		87,15

ANEXO 5

INTERACCIONES DE ÍNDICES BAJO METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS

Cuadro A5.1.

Interacciones de índices bajo metodología de análisis de correspondencias

Metodología: QMLE y Regresión Beta

Variables	Todos los servicios financieros			
	QMLE		Regresión Beta	
Género (hombre)	0,0911*	0,0839	0,0814***	0,081363***
	-2,04	-1,86	3,82	3,792
Edad	0,0156*	0,0155	0,01475***	0,015619***
	-1,99	-1,95	4,10	4,323
Edad ²	-0,00012	-0,000127	-0,0001121**	-0,0001307***
	(-1,42)	(-1,48)	-2,94	-3,411
Estado civil (casado o unión libre)	0,217***	0,217***	0,1849***	0,1865881***
	-4,82	-4,75	8,38	8,407
Tamaño del hogar	-0,0273*	-0,0295**	-0,02365***	-0,0251288***
	(-2,41)	(-2,63)	-4,05	-4,293
Índice de variables económicas (flujo de Y)	1,053**	1,028**	0,9317***	0,9008111***
	-2,97	-2,84	4,40	4,231
Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	0,797	1,060*	0,6457**	0,9292304***
	-1,76	-2,43	2,82	4,137
Índice de preferencias intertemporales	-0,0139	0,226	0,00	0,2034213
	(-0,04)	-0,67	-0,01	1,192
Índice de actitudes financieras	-0,817***	-0,823***	-0,7154***	-0,753389***
	(-4,01)	(-3,98)	-7,15	-7,419
Último nivel de escolaridad	0,0974**		0,08478***	
	-2,88		5,84	
Índice de conocimientos financieros		0,0492		0,0111357
		-1,84		0,078
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes	-0,307*	-0,380*	-0,2957***	-0,3578338***
	(-1,98)	(-2,52)	-3,72	-4,341
Participación en “Familias en Acción”	-0,0965	-0,0964	-0,04	-0,0441151
	(-1,24)	(-1,25)	-1,40	-1,523
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Índice de variables económicas (flujo de Y)	0,0812	0,0808	0,08	0,0859543
	-0,39	-0,38	0,67	0,736
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	0,13	0,00216	0,16	0,0298912
	-0,5	-0,01	1,36	0,258
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Índice de preferencias intertemporales	0,298	0,176	0,2605**	0,1623888,
	-1,5	-0,86	2,75	1,731
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Último nivel de escolaridad	0,0308	0,0716***	0,02914***	0,0678743***
	-1,67	-7,18	3,53	13,537
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Índice de conocimientos financieros	0,161	0,203*	0,1239**	0,1103142
	-1,67	-1,98	2,75	1,339
Constante	-2,668***	-2,552***	-2,479***	-2,312155***
	(-7,97)	(-7,63)	-13,75	-12,631
Tamaño de la Muestra	1.106	1.106	1.106	1.106
R-cuadrado	0,30456396	0,30030922	0,2958	0,2872

Estadístico z en paréntesis

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Servicios financieros (sin informales)				Servicios financieros (activos totales)			
QMLE		Regresion Beta		QMLE		Regresion Beta	
0,0924*	0,0852	0,08277***	0,08266***	0,110**	0,103*	0,09925***	0,09773***
-2,06	-1,89	3,866	3,833	-2,62	-2,41	4,808	4,709
0,0155*	0,0154	0,01467***	0,01554***	0,0124	0,0122	0,01281***	0,01354***
-1,97	-1,93	4,063	4,282	-1,72	-1,67	3,703	3,898
-0,000119	-0,000126	-0,0001112**	-0,0001298***	-0,000091	-0,0000961	-0,00009595**	-0,0001113**
(-1,40)	(-1,47)	-2,898	-3,373	(-1,18)	(-1,23)	-2,613	-3,027
0,219***	0,218***	0,1859***	0,1876***	0,136**	0,135**	0,1196***	0,1212***
-4,83	-4,77	8,383	8,411	-3,18	-3,14	5,605	5,657
-0,0274*	-0,0296**	-0,02369***	-0,0252***	-0,0316**	-0,0334***	-0,02663***	-0,02828***
(-2,41)	(-2,63)	-4,042	-4,283	(-3,14)	(-3,37)	-4,709	-4,989
1,058**	1,034**	0,9367***	0,9061***	0,869**	0,844*	0,8047***	0,8122***
-2,98	-2,84	4,407	4,236	-2,62	-2,51	3,929	3,946
0,804	1,072*	0,6538**	0,9393***	0,724	0,958*	0,6263**	0,851***
-1,77	-2,45	2,845	4,161	-1,7	-2,32	2,829	3,919
-0,0119	0,231	-0,0004766	0,2064	0,288	0,499	0,2427	0,3897*
(-0,04)	-0,68	-0,003	1,204	-0,92	-1,6	1,445	2,365
-0,817***	-0,824***	-0,7162***	-0,7542***	-0,833***	-0,837***	-0,7326***	-0,7426***
(-4,00)	(-3,98)	-7,122	-7,392	(-4,36)	(-4,35)	-7,562	-7,57
0,0985**		0,08561***	#N/A	0,0868**		0,07237***	
-2,94		5,869	#N/A	-2,98		5,168	
	0,0489		0,007538		0,0462		-0,2143
	-1,82		0,052		-1,88		-1,539
-0,308*	-0,382*	-0,2974***	-0,3605***	-0,277	-0,341*	-0,2828***	-0,3658***
(-1,99)	(-2,52)	-3,717	-4,35	(-1,84)	(-2,29)	-3,662	-4,577
-0,0965	-0,0962	-0,03952	-0,04341	-0,11	-0,11	-0,08367**	-0,08385**
(-1,24)	(-1,25)	-1,368	-1,492	(-1,43)	(-1,44)	-2,988	-2,98
0,0859	0,0854	0,08253	0,09086	0,144	0,145	0,134	0,1219
-0,41	-0,41	0,708	0,774	-0,71	-0,72	1,191	1,077
0,124	-0,00578	0,1538	0,02277	0,251	0,136	0,2575*	0,1587
-0,48	(-0,02)	1,303	0,195	-1,02	-0,56	2,261	1,412
0,299	0,175	0,2611**	0,162,	0,155	0,0455	0,1479	0,0813
-1,5	-0,86	2,739	1,717	-0,81	-0,24	1,608	0,894
0,0306	0,0720***	0,02917***	0,06828***	0,0195	0,0556***	0,02085**	0,05361***
-1,68	-7,19	3,516	13,545	-1,19	-5,95	2,619	11,12
0,164	0,206*	0,1275**	0,1155	0,172	0,214*	0,1429**	0,24**
-1,7	-2,01	2,813	1,396	-1,84	-2,11	3,278	3,006
-2,660***	-2,543***	-2,47***	-2,301***	-2,419***	-2,319***	-2,278***	-2,082***
(-7,93)	(-7,57)	-13,637	-12,508	(-7,72)	(-7,39)	-13,046	-11,77
1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106
0,30391142	0,29951085	0,2947	0,2861	0,29613735	0,29206545	0,289	0,284

Cuadro A5.1.

Interacciones de índices bajo metodología de análisis de correspondencias

Metodología: QMLE y Regresión Beta

Variables	Servicios financieros (activos sin informales)			
	QMLE		Regresión Beta	
Género (hombre)	0,113**	0,106*	0,1019***	0,1002***
	-2,65	-2,44	4,873	4,767
Edad	0,0123	0,0121	0,01272***	0,01344***
	-1,69	-1,64	3,629	3,824
Edad ²	-0,0000902	-0,0000957	-0,00009483*	-0,0001104**
	(-1,16)	(-1,21)	-2,551	-2,967
Estado civil (casado o unión libre)	0,139**	0,138**	0,122***	0,1236***
	-3,21	-3,17	5,643	5,695
Tamaño del hogar	-0,0319**	-0,0338***	-0,02682***	-0,02852***
	(-3,13)	(-3,37)	-4,684	-4,969
Índice de variables económicas (flujo de Y)	0,871**	0,846*	0,8037***	0,8126***
	-2,6	-2,49	3,878	3,901
Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	0,733	0,975*	0,6337**	0,8617***
	-1,71	-2,33	2,828	3,92
Índice de preferencias intertemporales	0,299	0,516	0,2492	0,3992*
	-0,94	-1,64	1,466	2,393
Índice de actitudes financieras	-0,834***	-0,839***	-0,7345***	-0,744***
	(-4,33)	(-4,33)	-7,491	-7,493
Último nivel de escolaridad	0,0890**		0,07392***	
	-3,11		5,217	
Índice de conocimientos financieros		0,046		-0,2268
		-1,85		-1,61
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes	-0,279	-0,345*	-0,2887***	-0,3746***
	(-1,84)	(-2,29)	-3,689	-4,625
Participación en “Familias en Acción”	-0,11	-0,11	-0,08234**	-0,08245**
	(-1,41)	(-1,42)	-2,907	-2,896
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Índice de variables económicas (flujo de Y)	0,161	0,161	0,1529	0,1399
	-0,79	-0,79	1,341	1,22
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	0,243	0,124	0,2511*	0,1511
	-0,98	-0,51	2,176	1,326
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Índice de preferencias intertemporales	0,152	0,0398	0,1463	0,07839
	-0,78	-0,21	1,57	0,851
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Último nivel de escolaridad	0,0186	0,0558***	0,0204*	0,05386***
	-1,15	-5,88	2,531	11,027
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes. *Índice de conocimientos financieros	0,181	0,223*	0,1515***	0,2545**
	-1,9	-2,16	3,429	3,148
Constante	-2,404***	-2,299***	-2,255***	-2,054***
	(-7,61)	(-7,25)	-12,757	-11,464
Tamaño de la muestra	1.106	1.106	1.106	1.106
R-cuadrado	0,29298964	0,288807	0,2857	

Estadístico z en paréntesis

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fuente: cálculos de los autores.

Servicios financieros (pasivos totales)				Servicios financieros (pasivos sin informales)			
QMLE		Regresion Beta		QMLE		Regresion Beta	
0,0442	0,036	0,02926	0,03133	0,044	0,036	0,02856	0,0306419
-0,61	-0,5	0,969	1,034	-0,6	-0,49	0,937	1,002
0,0217	0,0216	0,01496**	0,01583**	0,0218	0,0217	0,01487**	0,0157368**
-1,76	-1,75	2,947	3,111	-1,75	-1,73	2,903	3,065
-0,000181	-0,000189	-0,0001199*	-0,0001385*	-0,00018	-0,000188	-0,000118*	-0,0001365*
(-1,37)	(-1,43)	-2,224	-2,568	(-1,35)	(-1,42)	-2,17	-2,51
0,363***	0,362***	0,2533***	0,2543***	0,368***	0,367***	0,2553***	0,2562802***
-4,94	-4,88	8,116	8,129	-4,93	-4,87	8,103	8,118
-0,0151	-0,0177	-0,01108	-0,01176	-0,0155	-0,0182	-0,01122	-0,0118692
(-0,81)	(-0,96)	-1,356	-1,438	(-0,83)	(-0,97)	-1,36	-1,439
1,156*	1,13	0,8279**	0,737*	1,201*	1,177*	0,8539**	0,7614425*
-2	-1,93	2,793	2,477	-2,05	-1,98	2,854	2,535
0,834	1,127	0,4353	0,7512*	0,873	1,172	0,4687	0,7857958*
-1,1	-1,55	1,344	2,368	-1,14	-1,59	1,434	2,455
-0,54	-0,267	-0,4503,	-0,2202	-0,564	-0,286	-0,4699,	-0,2385769
(-0,96)	(-0,47)	-1,836	-0,916	(-0,99)	(-0,49)	-1,898	-0,983
-0,795**	-0,799**	-0,5495***	-0,6284***	-0,805**	-0,810**	-0,5524***	-0,6320584***
(-2,65)	(-2,62)	-3,921	-4,433	(-2,65)	(-2,62)	-3,905	-4,418
0,110*		0,08094***	#N/A	0,112*		0,08106***	#N/A
-2,06		3,99	#N/A	-2,06		3,959	#N/A
	0,0575		0,3795,		0,057	#N/A	0,3870568,
	-1,38		1,924		-1,35	#N/A	1,944
-0,353	-0,44	-0,3108**	-0,3179**	-0,362	-0,45	-0,3172**	-0,3235086**
(-1,39)	(-1,79)	-2,771	-2,747	(-1,41)	(-1,81)	-2,801	-2,77
-0,0738	-0,0741	0,03534	0,02416	-0,0776	-0,0779	0,03439	0,0231399
(-0,63)	(-0,64)	0,882	0,601	(-0,66)	(-0,66)	0,85	0,57
0,0222	0,0206	0,05522	0,09915	0,02	0,0179	0,05598	0,1008502
-0,07	-0,06	0,338	0,605	-0,06	-0,05	0,34	0,61
-0,136	-0,277	0,001338	-0,1512	-0,143	-0,286	-0,005636	-0,1587682
(-0,34)	(-0,71)	0,008	-0,918	(-0,36)	(-0,73)	-0,033	-0,955
0,576	0,439	0,4433***	0,3234*	0,59	0,451	0,4523***	0,3315964*
-1,76	-1,31	3,298	2,438	-1,78	-1,33	3,333	2,477
0,0447	0,0909***	0,03198**	0,06942***	0,0463	0,0934***	0,03339**	0,0709174***
-1,52	-5,67	2,762	9,857	-1,55	-5,72	2,857	9,977
0,123	0,17	0,0692	-0,1238	0,126	0,173	0,07041	-0,1262252
-0,81	-1,07	1,081	-1,077	-0,82	-1,08	1,09	-1,088
-2,972***	-2,843***	-2,375***	-2,302***	-3,013***	-2,880***	-2,395***	-2,3236125***
(-5,33)	(-5,11)	-9,343	-8,959	(-5,35)	(-5,12)	-9,335	-8,96
1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106	1,106
0,1639032	0,16259793	0,1555	0,1486	0,16644112	0,16500955	0,1571	0,1503

ANEXO 6

EVALUACIÓN DE ENDOGENEIDAD POR MEDIO DE CORRELACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LAS REGRESIONES CON LAS VARIABLES EXÓGENAS

Variables	Todos los servicios		Servicios formales	
	Residuo 1	Residuo 1	Residuo 2	Residuo 2
Género (hombre)	0,000	0,000	0,000	0,000
Edad	-0,000	0,000	-0,000	-0,000
Edad ²	-0,000	0,000	-0,000	-0,000
Estado civil (casado o unión libre)	0,000	0,000	-0,000	-0,000
Tamaño del hogar	0,000	-0,000	0,000	0,000
Índice de variables económicas (flujo de Y)	0,000	0,000	-0,000	0,000
Índice de necesidades de liquidez (stock de riqueza)	0,000	0,000	-0,000	0,000
Índice de preferencias intertemporales	0,000	0,000	0,000	0,000
Índice de actitudes financieras	-0,000	-0,000	-0,000	0,000
Último nivel de escolaridad	0,000		0,000	
Índice de conocimientos financieros		-0,000		-0,000
Número de establecimientos financieros por cada 10.000 habitantes	0,000	-0,000	-0,000	-0,000
Participación en Familias en Acción	-0,000	-0,000	0,000	0,000

Nota: significancia estadística al 10%.

Fuente: cálculos de los autores.

Servicios activos		Activos formales		Servicios pasivos		Pasivos formales	
Residuo 3	Residuo 3	Residuo 4	Residuo 4	Residuo 5	Residuo 5	Residuo 6	Residuo 6
0,000	-0,000	0,000	-0,000	0,000	-0,000	0,000	-0,000
0,000	0,000	0,000	-0,000	0,000	-0,000	-0,000	0,000
-0,000	0,000	0,000	-0,000	0,000	-0,000	-0,000	-0,000
0,000	-0,000	-0,000	0,000	0,000	-0,000	0,000	0,000
-0,000	0,000	-0,000	0,000	-0,000	0,000	0,000	-0,000
0,000	0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	0,000
0,000	-0,000	-0,000	0,000	-0,000	-0,000	-0,000	0,000
0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	0,000	0,000
-0,000	0,000	-0,000	-0,000	0,000	0,000	0,000	-0,000
0,000		0,000		0,000		0,000	
	-0,000		-0,000		0,000		0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	-0,000	0,000	0,000	-0,000
-0,000	0,000	-0,000	-0,000	0,000	0,000	-0,000	0,000

7. LA INTERDEPENDENCIA ENTRE EL CRÉDITO Y LOS CICLOS ECONÓMICOS REALES EN ECONOMÍAS LATINOAMERICANAS

José E. Gómez-González
Jair N. Ojeda
Fernando Tenjo Galarza
Héctor Manuel Zárate*

El ciclo económico real ha sido ampliamente estudiado en macroeconomía (véase, por ejemplo, Kydland y Prescott, 1982; Lucas, 1987; King *et al.*, 1988; Rotemberg y Woodford, 1991; Christiano y Eichenbaum, 1995). La reciente crisis financiera internacional ha motivado la atención en el comportamiento de los indicadores y en la identificación de los ciclos financieros. Este nuevo enfoque, según la reciente literatura, resalta los problemas que tienen los modelos de ciclos económicos reales al no involucrar variables financieras en el análisis, y por tanto, invita a estudiar la interdependencia entre los ciclos financieros y los ciclos económicos reales (Goodhart y Hofmann, 2008; Drehmann *et al.*, 2012; entre otros).

Estudios similares han sido realizados, principalmente, en economías desarrolladas, con la excepción del documento realizado por Claessens *et al.* (2012), quienes estudian la interacción entre los ciclos económicos reales y financieros de corto plazo para un grupo de 44 países, entre los cuales se incluyen algunas economías emergentes.

En el presente estudio se identifican ciclos macroeconómicos y del crédito para tres economías emergentes productoras de bienes básicos (*commodities*), usando datos de las últimas tres décadas. Se estiman ciclos del crédito y del PIB de corto y mediano plazos, y se mide su grado de interdependencia.

* Los autores son, en su orden, investigadores principales, del Banco de la República, director general del Centro de Estudios Monetarios para América Latina (Cemla) y econometrista del Banco de la República. Las recomendaciones, interpretaciones y conclusiones expresadas en este documento son responsabilidad de los autores, y no comprometen al Banco de la República, a su Junta Directiva ni al Cemla. Agradecen a Rodrigo Valdés, Juan Pablo Zárate y a los participantes del seminario económico del Banco de la República por sus comentarios. También, la asistencia en la investigación de Juliana Arias y Óscar Jaulín.

Las contribuciones de este documento a la literatura de ciclos macroeconómicos van en dos sentidos. Primero, nos enfocamos en tres países latinoamericanos: Chile, Colombia y Perú. Estudiar los ciclos de estas economías es de considerable interés debido a sus características particulares. Reformas de comercio y procesos de liberalización financiera fueron implementados en estas economías entre finales de la década de los ochenta e inicios de los noventa; estos procesos permitieron una integración económica más grande con el resto del mundo y, por tanto, una mayor vulnerabilidad a los choques internacionales. Mientras que otras economías emergentes también emprendieron reformas estructurales similares al mismo tiempo, el grupo de países tiene la importante característica de ser productores de *commodities* y, por ello, de estar sujetos a la volatilidad del precio de estos bienes básicos¹.

Estudios recientes han mostrado que choques en el precio de los *commodities* tienen un impacto significativo sobre las dinámicas de producción e inversión en las economías que los producen (véase, por ejemplo, Erten y Ocampo, 2013). También, hay evidencia de que su impacto sobre la inversión es asimétrico, siendo más grande para economías con mercados financieros subdesarrollados (Céspedes y Velasco, 2012).

El segundo aporte es que, mientras varios de los estudios existentes trabajan solamente con los ciclos de corto plazo, en este documento se caracterizan tanto los ciclos de corto como de mediano plazo para el conjunto de países. Drehmann *et al.* (2012) hacen un ejercicio similar, pero exclusivamente para economías desarrolladas, con particular interés en los Estados Unidos. El presente trabajo permite hacer una comparación con sus conclusiones, y algunos resultados son interesantes en tanto que difieren de forma importante de los de aquellos autores.

Drehmann *et al.* (2012) encuentran que, en los países desarrollados, los ciclos de mediano plazo de indicadores financieros resultan más volátiles que los ciclos de corto plazo; además, los picos de los ciclos financieros predicen correctamente las crisis financieras. Finalmente, estos autores muestran que las recesiones llegan a ser más fuertes si coinciden con una fase decreciente en el ciclo del crédito.

El presente estudio encuentra que, en contraste con Drehmann *et al.* (2012), los ciclos de corto plazo del producto interno bruto (PIB) en Chile, Colombia y Perú son usualmente más volátiles que aquellos de mediano plazo, con la única excepción de los ciclos del crédito en Colombia. Además, se encuentran picos en los ciclos financieros de mediano plazo en los tres países observados a mediados de la década de los noventa y a mediados de la primera década del nuevo siglo, unos trimestres antes de importantes caídas de la actividad económica; resultado que también es hallado por Drehmann *et al.* (2012).

Una mejora metodológica adicional en el presente estudio es la implementación de estadísticas basadas en el dominio de la frecuencia, con el fin de analizar los movimientos cíclicos tanto en indicadores de actividad económica como financiera, así como su interdependencia.

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. La sección 1 presenta una breve descripción de la literatura relacionada. En la sección 2 se describe la

1 Colombia es productor y exportador de petróleo, carbón y ferroníquel; Chile lo es de cobre, y Perú de cobre, oro y petróleo.

metodología empleada para identificar y caracterizar los ciclos de corto y mediano plazos. La sección 3 describe brevemente los datos usados para el análisis empírico. En la sección 4 se presentan los resultados para Chile, Colombia y Perú. Las conclusiones se exponen en la sección 5.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La reciente crisis financiera internacional ha renovado el interés académico por estudiar la interdependencia entre variables financieras y reales a lo largo de los ciclos. Una rama de esta literatura se ha centrado en las interacciones dinámicas entre las variables financieras, la actividad real, los agregados monetarios y los precios de los activos. Por ejemplo, Goodhart y Hoffmann (2008) usan una muestra de diecisiete economías industrializadas para el período 1970-2006, y estiman vínculos multidimensionales entre dinero, crédito, precios y actividad económica. Ellos encuentran una fuerte relación entre el precio de la vivienda y las variables monetarias después de 1985. También, que los efectos macroeconómicos de choques monetarios y crediticios son más fuertes cuando los precios inmobiliarios están en auge.

No es frecuente encontrar documentos que hayan estudiado estas relaciones desde una perspectiva histórica. Schularick y Taylor (2012) evalúan el comportamiento de indicadores financieros, monetarios y macroeconómicos para un grupo de catorce países con datos que inician desde 1870. Un hallazgo importante es que un crecimiento exuberante del crédito usualmente anticipa crisis financieras. Resultados similares han sido obtenidos por Alessi y Detken (2011), Borio y Drehmann (2009), Jalil y Gómez (2010), y Tenjo y López (2010), quienes construyen modelos de alerta temprana de crisis financiera para grupos alternativos de países.

Por otro lado, existe literatura relacionada con el poder predictivo de los indicadores financieros en las crisis económicas. Ng (2011) usa tres medidas financieras alternativas para evaluar su capacidad de pronóstico de ciclos económicos. Encuentra que solo medidas relacionadas con estrés financiero tienen un poder predictivo importante de corto plazo.

Algunos documentos recientes estudian la interacción entre los ciclos reales y financieros. Aikman *et al.* (2011) construyen un modelo de industria bancaria donde ciclos de crédito emergen como consecuencia de una falla en la coordinación entre los bancos. Estos autores estiman ciclos de mediano plazo para el PIB y el crédito de doce países usando la base de datos de Schularick y Taylor (2012), y encuentran evidencia a favor de la existencia de ciclos financieros y su poder predictivo sobre las crisis bancarias. Adicionalmente, que estos ciclos son diferentes del ciclo económico en frecuencia y amplitud.

Claessens *et al.* (2012) miden la interdependencia entre ciclos financieros y económicos en frecuencias de corto plazo, para una lista de 44 países durante cincuenta años. Reportan evidencia de fuertes relaciones estadísticas entre estos ciclos, por ejemplo, las recesiones del producto parecen ser más profundas cuando coinciden con valles de variables financieras como los precios de los activos. Drehmann *et al.* (2012) encuentran evidencia similar usando un número menor de países, pero separando los ciclos entre sus componentes de corto y mediano plazos.

2. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

Con el propósito de comparar la relación entre los ciclos de producción y ciclos financieros en estas tres economías emergentes, usamos metodologías estadísticas basadas tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia. En el primero el análisis se realiza con la función de correlación cruzada tradicional, así, los comovimientos entre ciclos son medidos con los coeficientes de correlación entre adelantos y rezagos de los ciclos originales siguiendo, entre otros, a Comin y Gertler (2006).

Los métodos estadísticos en el dominio del tiempo son ampliamente empleados para estudiar las series económicas, y se describen en Hamilton (1994). Por tanto, en esta sección nos centraremos en describir los métodos usados para analizar el dominio de la frecuencia.

Implementamos el análisis en el dominio de la frecuencia en tres etapas. Primero, estimamos la función espectral para cada variable, la cual permite comparar la forma de la densidad espectral con la “forma típica” identificada por Granger (1966). Segundo, con el análisis de Fourier usamos el enfoque de filtro directo para extraer los ciclos de corto y de mediano plazos. Finalmente, estimamos los comovimientos entre los ciclos, usando la función de densidad espectral cruzada y su medida relacionada de coherencia.

Esta metodología es realizada para el rango entero de frecuencias de 0 a π . Así, podemos estimar la proporción de toda la varianza determinada por cada componente periódico usando el análisis espectral. Por ello, se capturan los componentes de crédito y producto al descomponer las series originales y usando métodos de aproximación basados en funciones trigonométricas en cada frecuencia.

Los métodos econométricos tradicionales de extracción de señales están basados en filtros de suavizamiento (Christiano y Fitzgerald, 2003) y procedimientos basados en modelos. Sin embargo, los componentes de las series de tiempo dan lugar a componentes espectrales que se encuentran en bandas de frecuencia bien definidas, que son aisladas una de otra por espacios espectrales muertos (Pollock, 2000); entonces, el dominio de la frecuencia ofrece una mejor manera de implementar los métodos de extracción de señales, y los filtros son usados para separar los componentes de una respectiva serie.

Una de las herramientas en el dominio de la frecuencia es el espectro de una serie. El espectro es la transformación de Fourier de la función de autocovarianza $\gamma(\cdot)$ de la serie y está dada por la siguiente función simétrica:

$$f(\lambda) = (2\pi)^{-1} [\gamma(0) + 2\sum_{\tau=1}^{\infty} \gamma(\tau) \cos \lambda\tau] \quad (1)$$

donde λ es la frecuencia medida en radianes en el rango $[-\pi, \pi]$. La función estandarizada, conocida como la densidad espectral, es obtenida al normalizar (1) usando $\gamma(0)$. Un ciclo es definido como un período completo de una función seno o coseno sobre el intervalo de tiempo de extensión 2π .

Es importante notar que el espectro y las covarianzas son equivalentes, sin embargo, algunas características de las series de tiempo, como la correlación serial, son más sencillas de comprender con las autocovarianzas; mientras que otras, como los componentes no observados, son más sencillas de analizar en el espectro.

Valores de λ cercanos a cero corresponden a ciclos de largo plazo, mientras que valores de λ cercanos a π corresponden a ciclos de corto plazo. Siguiendo a Drehmann *et al.* (2012), consideramos los ciclos de mediano plazo como aquellos que corresponden a frecuencias $\lambda \in [0,785, 0,196]$, y los ciclos de corto plazo aquellos que corresponden a frecuencias $\lambda \in [0,196, 1,25]$. En el dominio del tiempo estos intervalos representan ciclos entre 32 y 80 trimestres, y entre 5 y 32 trimestres, respectivamente.

Los picos observados en el espectro indican las periodicidades a las cuales se atribuyen la mayor variabilidad de las series. Adicionalmente, los intervalos de confianza para el espectro pueden ser obtenidos por el hecho de que $\hat{f}(\lambda)$ sigue una distribución χ^2 con v grados de libertad, donde $v = \frac{3\sqrt{n}}{2}$, y n es el tamaño muestral.

El enfoque de filtro directo (EFD) hace énfasis en los errores del filtro, más que en el error de predicción, un paso adelante; además, el EFD usa un algoritmo basado en un criterio de optimización, que consiste en minimizar el promedio del cuadrado de los errores del filtro.

Dado un proceso estocástico $\{Y_t\}$, la extracción de señales en tiempo real se consigue con la estimación de $\hat{Y}_t$ y $\bar{Y}_t$ tal que $E(\bar{Y}_t - \hat{Y}_t)^2$ es minimizado. Donde $\bar{Y}_t$ es el resultado de aplicar un filtro simétrico a la serie original $\{Y_t\}$, y $\hat{Y}_t$ es el resultado de un filtro asimétrico.

El resultado de esta minimización es la siguiente función de transferencia, la cual puede ser usada como filtro. Un caso particular que usamos en este documento es el filtro propuesto por Christiano y Fitzgerald (2003):

$$\Gamma(\lambda) = \begin{cases} 1 & 0 \leq |\lambda| \leq \pi b_p \\ \frac{\pi b_p - |\lambda|}{\pi b_s - \pi b_p} & \pi b_p < |\lambda| \leq \pi b_s \\ 0 & \pi b_s < |\lambda| \leq \pi \end{cases} \quad (2)$$

Donde b_p y b_s determinan el ancho de la banda de frecuencias.

La función de correlación espectral cruzada mide la correlación entre dos series, indexada por la frecuencia. El cuadrado del valor de esta función de correlación a cada frecuencia λ es definida como coherencia. Este estadístico es el análogo al cuadrado del coeficiente de correlación y toma valores en el intervalo $[0,1]$. Un valor de coherencia cercano a 1 indica que las dos series son altamente correlacionadas en esa frecuencia, mientras que un valor cercano a 0 describe que en esa frecuencia las series son casi independientes.

Con el fin de comprobar la causalidad entre el PIB y el crédito en el dominio de la frecuencia usamos las medidas propuestas en los trabajos de Geweke (1982) y Hosoya (1991) y adoptados por Breitung y Candelon (2006) en un sistema VAR.

$Z_t = [PIB_t, CRÉDITO_t]$ es un vector bidimensional de series de tiempo observadas para $t = 1, 2, \dots, T$, que representa el ciclo total de estas dos variables. Así, la representación VAR de este sistema puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\Theta(L)Z_t = \varepsilon_t \quad (3)$$

Y la representación MA del sistema es:

$$Z_t = \Phi(L)\varepsilon_t = \begin{bmatrix} \Phi_{11}(L) & \Phi_{12}(L) \\ \Phi_{21}(L) & \Phi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} = \Psi(L)\eta_t \begin{bmatrix} \Psi_{11}(L) & \Psi_{12}(L) \\ \Psi_{21}(L) & \Psi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_{1t} \\ \eta_{2t} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Donde,

$$\Phi(L) = \Theta(L)^{-1} \text{ y } \Psi(L) = \Phi(L)G^{-1}$$

Y G es la matriz inferior de la descomposición de Cholesky.

Usando esta representación, la densidad espectral de PIB_t , por ejemplo, puede ser expresada como:

$$f_{PIB}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left(\left(\Psi_{11}(e^{-i\omega}) \right)^2 + \left(\Psi_{12}(e^{-i\omega}) \right)^2 \right) \quad (5)$$

De la cual, de acuerdo con Breitung y Candelon (2006), la medida de causalidad es definida de la siguiente manera:

$$M_{CRÉDITO \rightarrow PIB} = \log \left(1 + \frac{\left(\Psi_{12}(e^{-i\omega}) \right)^2}{\left(\Psi_{11}(e^{-i\omega}) \right)^2} \right) \quad (6)$$

Esta medida de causalidad es 0 si $(\Psi_{12}(e^{-i\omega})) = 0$, que significa que $CRÉDITO$ no causa al PIB en la frecuencia ω . La causalidad de PIB al $CRÉDITO$ se construye similarmente.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

En este trabajo se utilizan los datos trimestrales del crédito y del PIB para Chile, Colombia y Perú. El período de estudio varía para cada país, conforme a la disponibilidad de series. En el caso de Chile, los datos comprenden el primer trimestre de 1986 al segundo semestre de 2012; para Colombia usamos datos del primer trimestre de 1978 hasta el segundo de 2012, y para Perú hay disponibilidad de datos a partir del primer trimestre de 1994 hasta el segundo de 2012. Toda la información fue obtenida de los bancos centrales de cada país y está a precios constantes, usando el índice de precios al consumidor (IPC) de cada economía como deflactor.

Tanto el crédito como el PIB son variables que, a precios constantes, presentan una tendencia creciente en los países bajo estudio (Anexo 1). El filtro de Christiano y Fitzgerald (2003) permite extraer solo los componentes cíclicos y, por tanto, el análisis de las

tendencias de largo plazo del crédito y el PIB. La profundización financiera (crédito sobre PIB) está por fuera del alcance de este trabajo.

4. RESULTADOS EMPÍRICOS PARA CHILE, COLOMBIA Y PERÚ

4.1 Ciclos de corto y mediano plazos

Usualmente, se identifican los ciclos macroeconómicos con menos de ocho años, pero en este trabajo, siguiendo a Drehmann *et al.* (2012), nos enfocamos en dos rangos de frecuencia. Por un lado, estimamos los ciclos de corto plazo con una duración entre 5 y 32 trimestres, por el otro, estimamos ciclos de mediano plazo con una duración entre 32 y 80 trimestres. Usamos el filtro *band-pass* de Christiano y Fitzgerald (2003) para aislar el componente de cada serie que corresponde al intervalo de frecuencias escogido.

El Cuadro 1 presenta los indicadores de volatilidad de los ciclos de corto y mediano plazos del PIB y el crédito. Los ciclos de corto plazo son más volátiles que los ciclos de mediano plazo, con la excepción del crédito en Colombia. Así, para estas variables, los ciclos de corto plazo son más importantes para comprender el comportamiento de estas series, comparados con los ciclos de mayor duración. Estos resultados contrastan con los de Drehmann *et al.* (2012), para quienes los ciclos de mediano plazo son los más volátiles para las variables y países considerados en su trabajo.

Cuadro 1

Volatilidad relativa de ciclos de corto y mediano plazo para el PIB y el crédito^{a/}

	Chile			Colombia			Perú		
	Corto plazo (cp)	Mediano plazo (mp)	Cociente mp/cp	Corto plazo (cp)	Mediano plazo (mp)	Cociente mp/cp	Corto plazo (cp)	Mediano plazo (mp)	Cociente mp/cp
PIB	0,027	0,007	0,256	0,018	0,010	0,558	6,182	3,031	0,490
Crédito	0,046	0,026	0,579	0,048	0,055	1,150	2,695	1,326	0,492

^{a/} La volatilidad es medida como la desviación estándar de los ciclos.

Fuente: cálculos de los autores.

El Cuadro 1 muestra también que en Colombia y Chile la volatilidad del crédito es mayor que la del PIB tanto en ciclos de corto como de mediano plazo, contrario a Perú, donde la volatilidad de los ciclos es diferente. Similar a en Drehmann *et al.* (2012), encontramos que la relación de volatilidad entre mediano y corto plazos es mayor para los ciclos del crédito que para los del PIB en los tres países.

El Cuadro 2 presenta la duración estimada promedio de los ciclos de corto y mediano plazos para el PIB y el crédito. En cuanto a la duración total, en promedio los ciclos del crédito son más largos que los ciclos del PIB, tanto en el corto como en el mediano plazo,

para los tres países, con excepción de los ciclos de mediano plazo en Perú. Este resultado es similar al de Drehmann *et al.* (2012) para los Estados Unidos, y contribuye a la evidencia de la distinta naturaleza que tienen los ciclos del crédito de los ciclos económicos usuales.

Cuadro 2
Duración promedio de los ciclos del PIB y el crédito (trimestres)

	Variable	Expansión		Contracción		Ciclo	
		Corto	Mediano	Corto	Mediano	Corto	Mediano
Chile	PIB	4,2	17,8	4,5	15,9	8,7	32,0
	Crédito	4,9	22,8	5,1	22,3	10,1	45,6
Colombia	PIB	3,3	17,6	3,9	18,9	7,2	39,1
	Crédito	3,9	22,8	5,1	24,4	8,8	47,2
Perú	PIB	3,7	23,3	3,6	22,3	7,3	45,6
	Crédito	4,9	22,3	6,3	21,3	10,6	43,6

Fuente: cálculos de los autores con base en los resultados del filtro de Christiano y Fitzgerald (2003).

Drehmann *et al.* (2012) encontraron que, para los ciclos de corto y mediano plazos en los Estados Unidos, las expansiones del PIB y del crédito son usualmente más grandes que las contracciones. En contraste, nuestros resultados indican que las contracciones resultan ser más fuertes que las expansiones en el caso de los ciclos del corto plazo en ambas variables para los tres países, excepto por el PIB de Perú. En los ciclos de mediano plazo la evidencia es similar a la encontrada para los Estados Unidos (Cuadro 3).

Cuadro 3
Amplitud promedio de los ciclos del PIB y el crédito (porcentaje de variación)

	Variable	Expansión		Contracción	
		Corto	Mediano	Corto	Mediano
Chile	PIB	5,1	1,5	-4,8	-1,4
	Crédito	7,7	3,5	-8,3	-8,8
Colombia	PIB	2,6	2,4	-2,5	-2,5
	Crédito	8,4	9,4	-7,7	-16,3
Perú	PIB	4,9	3,8	-5,3	-4,2
	Crédito	10,2	25,1	-11,7	-27,0

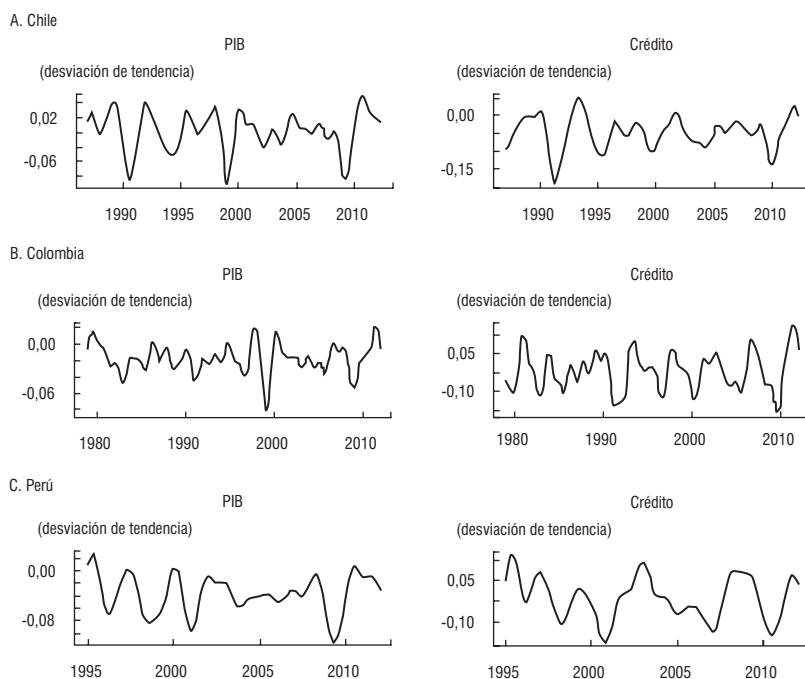
Fuente: cálculos de los autores con base en los resultados del filtro de Christiano y Fitzgerald (2003).

El Cuadro 3 describe la amplitud promedio de las expansiones y contracciones para el PIB y el crédito. Una característica interesante es que las expansiones y contracciones parecen ser más largas para el crédito que para el PIB para los tres países, tanto en el

corto como en el mediano plazos, este hecho estilizado es reportado también por Drehmann *et al.* (2012) con datos de los Estados Unidos. Asimismo, es interesante resaltar que la amplitud de los ciclos en Perú es mayor que en Colombia o Chile.

El Gráfico 1 presenta los ciclos de corto plazo para el PIB y el crédito. Aunque estos ciclos incluyen diferentes períodos, es posible observar algunas características comunes. Primero, alrededor de 2010 se registran valles para todas las economías, y este hecho puede estar asociado con el efecto de la crisis financiera internacional en las variables macroeconómicas y financieras en los tres países considerados. Segundo, hay otros valles alrededor del año 2000 para todos, posiblemente, debido al efecto de las crisis financieras asiática, brasilera y rusa de finales de la década de los noventa.

Gráfico 1
Ciclos de corto plazo para PIB y crédito

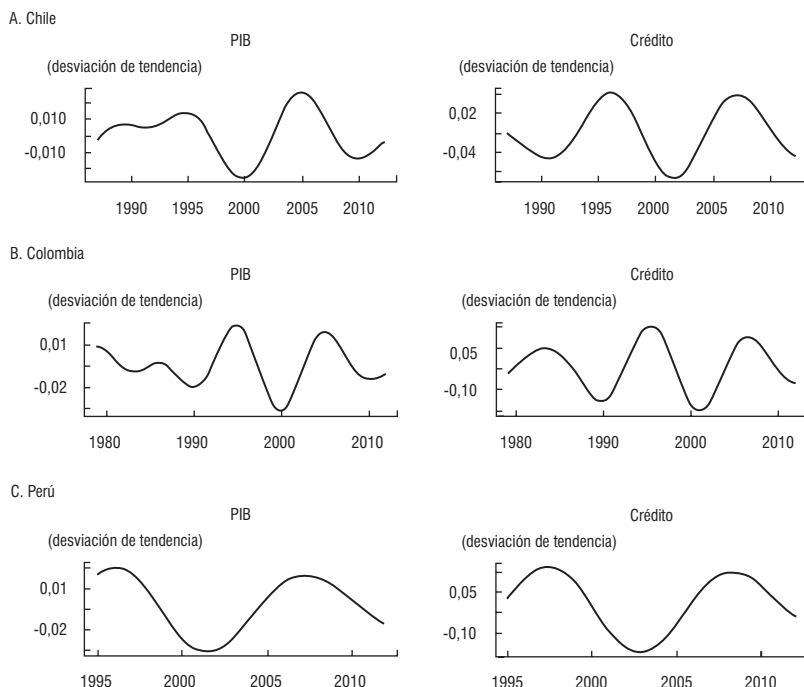


Fuente: cálculos de autores.

El Gráfico 2 muestra los ciclos de mediano plazo para el PIB y el crédito. Para Colombia y Chile hay valles en el PIB alrededor del año 2000 y valles en el crédito un par de años después. Valles similares son observados en Perú pocos años más tarde. También, es interesante notar que el más reciente pico tanto en el crédito como en el PIB ocurrió justo después de la crisis financiera de 2007 y 2008.

Siguiendo a Drehmann *et al.* (2012), comparamos el ciclo financiero de mediano plazo con el ciclo del PIB de corto plazo en cada país. Este ejercicio nos permite examinar si los picos en el ciclo financiero están asociados con recesiones fuertes pocos trimestres después durante la fase de decrecimiento de estos ciclos.

Gráfico 2
Ciclos de mediano plazo para PIB y crédito

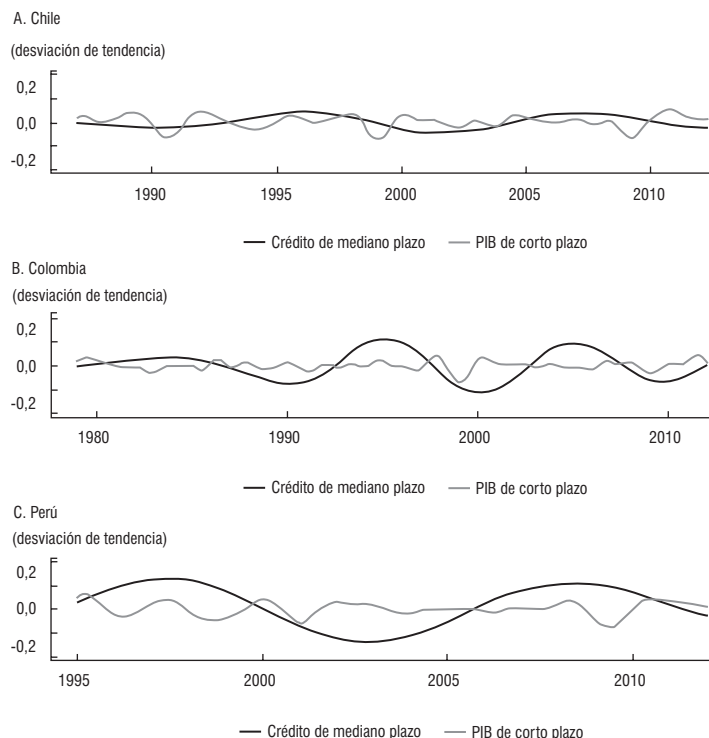


Fuente: cálculos de autores.

En el Gráfico 3 es posible observar que hay dos picos en el ciclo del crédito de mediano plazo en los tres países durante dos períodos clave: a mediados de la década de los noventa, y mediados de la década siguiente. El pico del ciclo del crédito observado alrededor de 1997 puede considerarse un predictor de las caídas económicas importantes observadas pocos años después, especialmente en Chile y Colombia. Mientras tanto, el pico observado en 2007 en los tres países puede considerarse como un predictor de la caída registrada un par de años más tarde, particularmente en Chile y Perú. Sin embargo, es claro que la principal causa de esta reciente caída es la crisis financiera internacional que empezó en los Estados Unidos en septiembre de 2008.

Gráfico 3

Ciclos financieros y económicos: una comparación



Fuente: cálculos de autores.

4.2. Interdependencia entre ciclos del crédito y el PIB

El Gráfico 4 presenta las correlaciones cruzadas en el dominio del tiempo entre los ciclos de corto plazo del PIB y el crédito. Estos correlogramas siguen la ecuación $\text{corr}(PIB_{i,t}, \text{crédito}_{i,t-k})$, donde $i = \{\text{Chile}, \text{Colombia}, \text{Perú}\}$, y k es el orden de rezago.

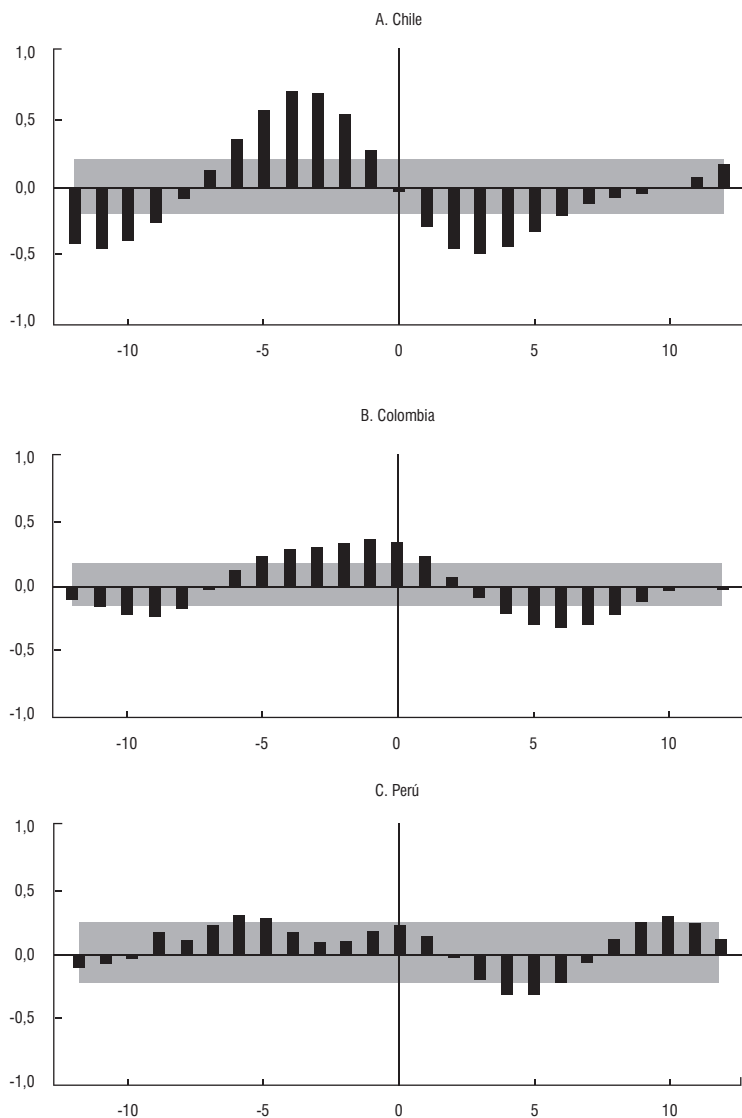
De los paneles del gráfico anterior es posible inferir que la máxima correlación entre el crédito contemporáneo y los rezagos del PIB es positiva para los tres países. El orden de los rezagos en el cual este máximo ocurre es diferente entre los países: cuatro trimestres para Chile, uno para Colombia y seis para Perú. En general, el crédito está correlacionado con los primeros valores pasados del PIB. Esta correlación se vuelve negativa cuantos más de estos valores se incluyan en el análisis². Sin embargo, en Perú, muchas de estas correlaciones no son estadísticamente distintas de cero a los niveles convencionales de significancia.

² Por ejemplo, en el caso de Chile este resultado sugiere que picos en el PIB están asociados con picos en el crédito un año después y valles dos años más tarde.

El Gráfico 4 también muestra que las correlaciones contemporáneas del PIB con rezagos del crédito son todas negativas para los tres países. La máxima correlación ocurre en el cuarto, sexto y quinto orden para Chile, Colombia y Perú, respectivamente. Este resultado, al igual que los hallazgos de Drehmann *et al.* (2012), sugiere que los picos en el crédito están asociados con posteriores valles en el PIB.

Gráfico 4

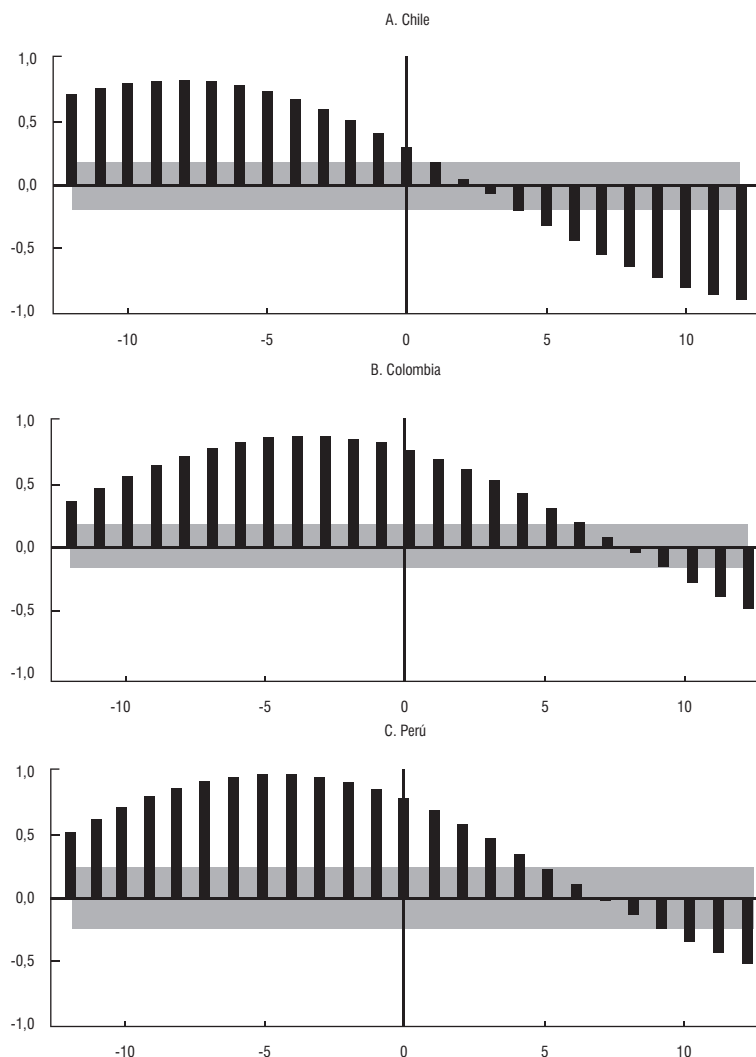
Correlación cruzada en el cominio del tiempo, entre los ciclos de corto plazo: crédito contra PIB



Fuente: cálculos de autores.

El Gráfico 5 presenta las correlaciones cruzadas para los ciclos de mediano plazo entre el PIB y el crédito. Las correlaciones del crédito contemporáneo y valores rezagados del PIB son positivas para los tres países, mientras que las correlaciones del valor contemporáneo del PIB con rezagos de crédito son inicialmente positivas, pero al final se convierten en negativas para Colombia y Perú; entre tanto, en Chile estas correlaciones en su mayoría son negativas. Se observa, además, que los auges del ciclo de mediano plazo del crédito usualmente no anteceden a las recesiones del ciclo de mediano plazo del PIB.

Gráfico 5
Correlaciones cruzadas entre los ciclos de mediano plazo: crédito
contra PIB

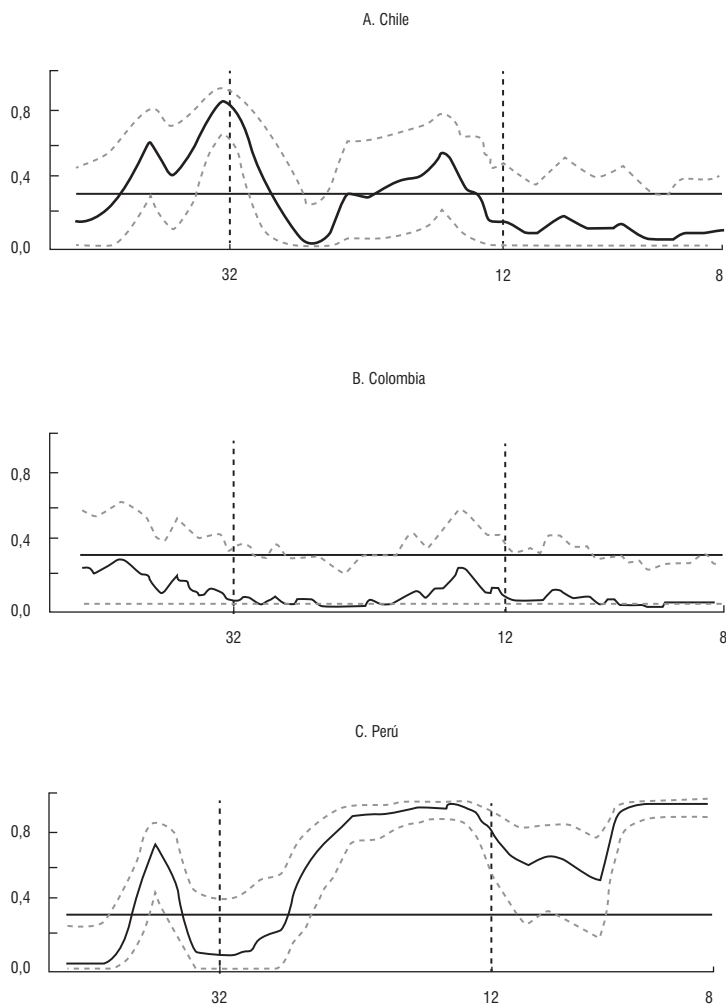


Fuente: cálculos de autores.

Un objetivo adicional de este trabajo consiste en usar métodos de análisis en el dominio de la frecuencia. El Gráfico 6 muestra los resultados de estimar estadísticos de coherencia entre el crédito y PIB para los tres países. Si la coherencia toma valor cercano a 1 en alguna frecuencia, implica que hay una alta correlación entre los ciclos del PIB y crédito cercana a esta frecuencia particular. Con lo anterior, los resultados del Gráfico 6 confirman que los ciclos del crédito y del PIB parecen tener mayor correlación en las frecuencias de mediano plazo en Chile y en las frecuencias de corto plazo de Perú. En el caso colombiano la coherencia entre el PIB y el crédito es mucho menor que en los otros países.

Gráfico 6

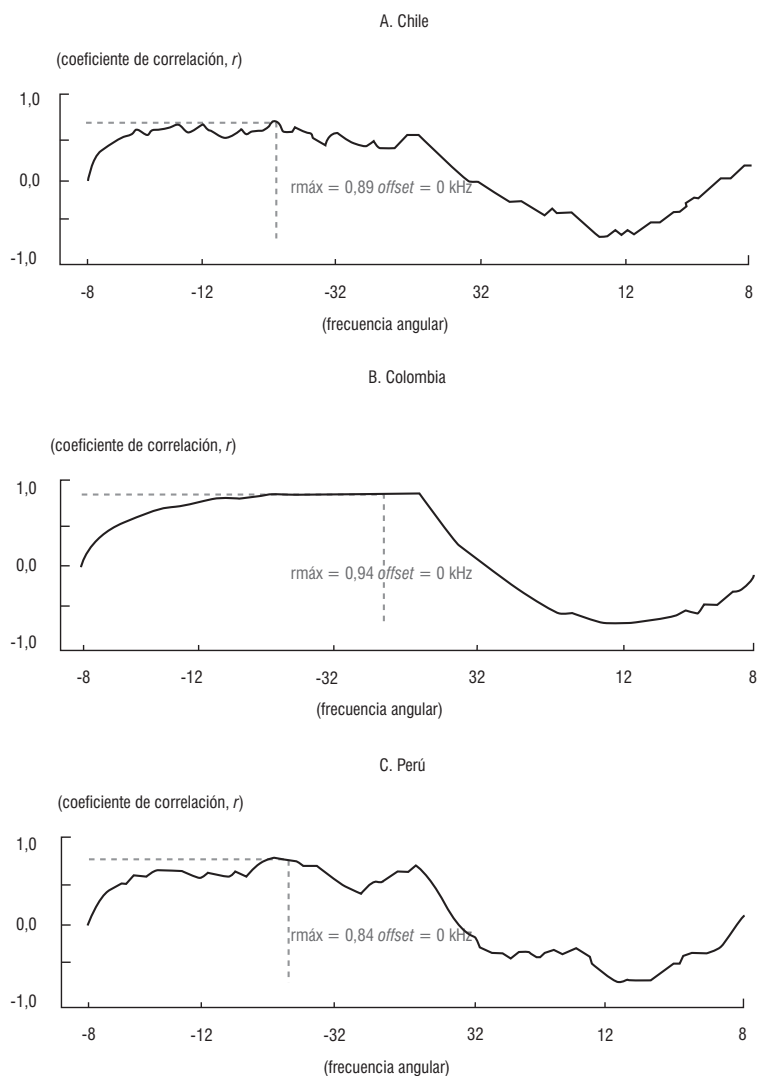
Coherencia en el dominio de la frecuencia: crédito contra PIB



Fuente: cálculos de autores.

El Gráfico 7 muestra los resultados para la correlación cruzada entre el crédito y el PIB en el dominio de la frecuencia. Para los tres países la correlación cruzada máxima está en el lado izquierdo del dominio, lo que indica que hay evidencia de una relación positiva entre rezagos en los ciclos del crédito y ciclos del PIB. Es más, esta relación es mayor aproximadamente en las frecuencias de mediano plazo. Las correlaciones máximas son 94%, 84% y 69% en el caso de Colombia, Perú y Chile, respectivamente.

Gráfico 7
Correlaciones cruzadas en el dominio de la frecuencia: crédito contra PIB

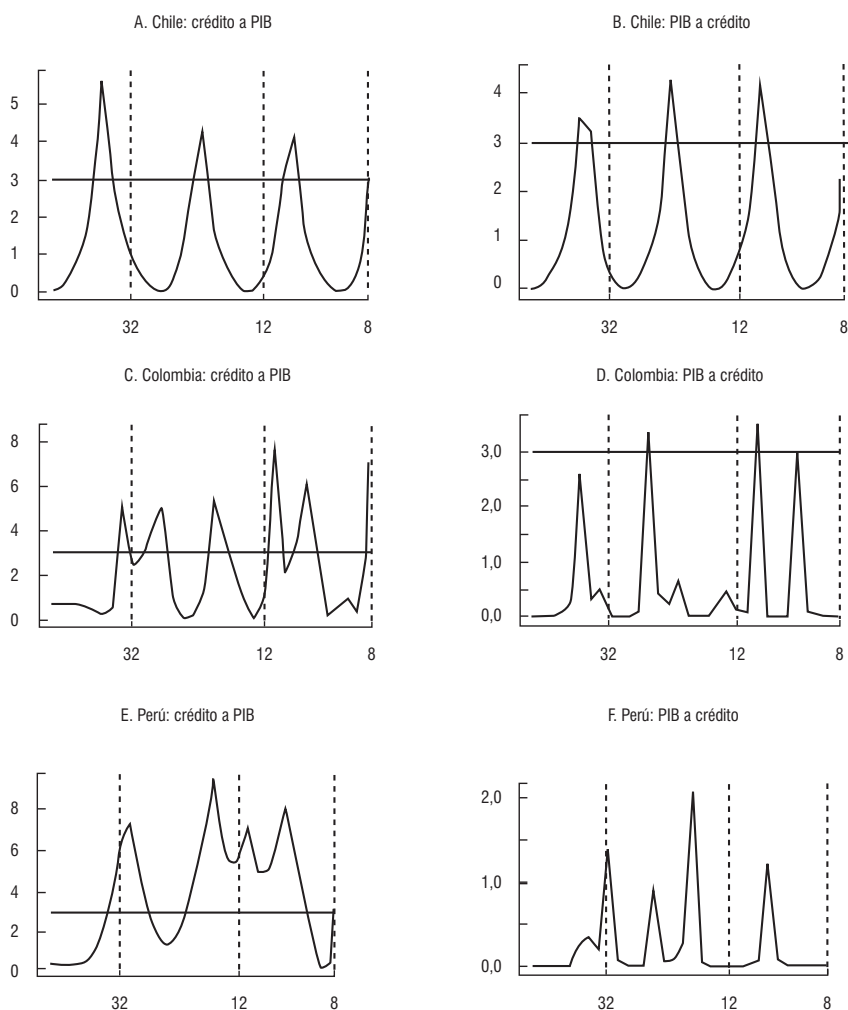


Fuente: cálculos de autores.

El Gráfico 8 muestra los resultados de realizar las pruebas de causalidad entre el crédito y el PIB en el dominio de la frecuencia. Este procedimiento es basado en el documento de Breitung y Candelon (2006) y permite probar causalidad en el sentido de Granger entre dos variables a través de diferentes puntos en el dominio de la frecuencia. Estas pruebas son calculadas para los tres países en las dos direcciones de causalidad, por lo que el Gráfico 8 consta de seis paneles: la línea horizontal representa el valor crítico de la prueba al 95% de confianza. Se utilizaron series en nivel sin tendencia.

Gráfico 8

Test de causalidad de Granger en el dominio de la frecuencia: ciclos del crédito contra ciclos del PIB



Fuente: cálculos de autores.

Los resultados para Chile indican causalidad en ambas direcciones para frecuencias asociadas con ciclos de corto, mediano y largo plazos. En el caso colombiano hay evidencia de fuerte causalidad del crédito al PIB en casi todas las frecuencias pero, particularmente, parece no haber causalidad del PIB al crédito en el largo plazo. Finalmente, en el caso de Perú, la causalidad va solo del crédito al PIB en todas las frecuencias.

De acuerdo con estos resultados, hay evidencia que soporta la hipótesis de que los ciclos del crédito influyen los ciclos del PIB en los tres países. En concreto, el ciclo del crédito causa en el sentido de Granger los ciclos económicos en diferentes frecuencias. Aunque con esta prueba no es posible identificar el signo de la causalidad, los resultados del Gráfico 5 indican que estas correlaciones son positivas en el mediano plazo, mostrando que los picos en el ciclo del crédito pueden causar posteriores picos en el ciclo económico de mediano plazo. Mientras tanto, el Gráfico 4 indica que esas correlaciones son negativas en el corto plazo.

5. CONCLUSIONES

En este capítulo estimamos los ciclos del crédito y del PIB para tres economías latinoamericanas usando el filtro de *band pass* de Christiano y Fitzgerald (2003) con el fin de analizar separadamente las frecuencias de corto y mediano plazos. Adicionalmente, estudiamos la interrelación entre estos ciclos en el dominio del tiempo y la frecuencia. Mientras la de corto plazo corresponde a la definición tradicional de ciclo económico, las frecuencias de mediano plazo son escogidas siguiendo a Drehmann *et al.* (2012), con el fin de incluir fluctuaciones en el ciclo de apalancamiento de las economías.

Contrario a los resultados de Drehmann *et al.* (2012) para economías desarrolladas, en este documento encontramos que los ciclos de corto plazo son usualmente más volátiles que los de mediano plazo para el crédito y el PIB en Chile, Colombia y Perú. Sin embargo, tal como lo hallado por aquellos autores, la duración de ciclo del crédito es mayor que la del PIB en todos los países.

Drehmann *et al.* (2012) muestran que picos en el mediano plazo parecen estar asociados con crisis financieras posteriores, y en este documento encontramos un resultado similar, ya que los picos del ciclo del crédito de mediados de las décadas de los noventa y de los dos mil preceden notables recesiones del PIB dos o tres años después en los países estudiados. Este resultado es confirmado al analizar las correlaciones cruzadas entre los ciclos del corto plazo del PIB y valores rezagados del crédito que son usualmente negativos.

Adicionalmente, se emplearon métodos estadísticos que se enfocan en el dominio de la frecuencia y tienen la ventaja de no necesitar ningún supuesto previo sobre la frecuencia específica para extraer de los datos. Nuestros resultados para los tres países muestran que es importante estudiar la alta correlación entre el crédito rezagado y el valor contemporáneo del PIB en las frecuencias de mediano plazo. Esta relación es confirmada por pruebas de causalidad en el sentido de Granger.

En conclusión, este documento encuentra que los ciclos del crédito en economías latinoamericanas tienden a causar movimientos en la actividad económica. Este efecto puede ser descompuesto en dos: primero, un efecto negativo en el caso de las frecuencias del ciclo económico tradicional, y un efecto positivo en el caso de fluctuaciones de

mediano plazo del PIB. Nuestros resultados indican que ambos efectos son importantes para la dinámica de la actividad económica.

Estos resultados tienen implicaciones de política interesantes. Primero, en lo que concierne a la política monetaria, esta evidencia sugiere que, al usar un único instrumento de política monetaria para lograr objetivos en las variables financieras y reales, es fundamental tener en cuenta que cada tipo de variable tiene ciclos interrelacionados, pero no sincronizados. Segundo, las políticas macroprudenciales que moderan la amplitud del ciclo del crédito pueden ser útiles para estabilizar la actividad económica en Latinoamérica.

REFERENCIAS

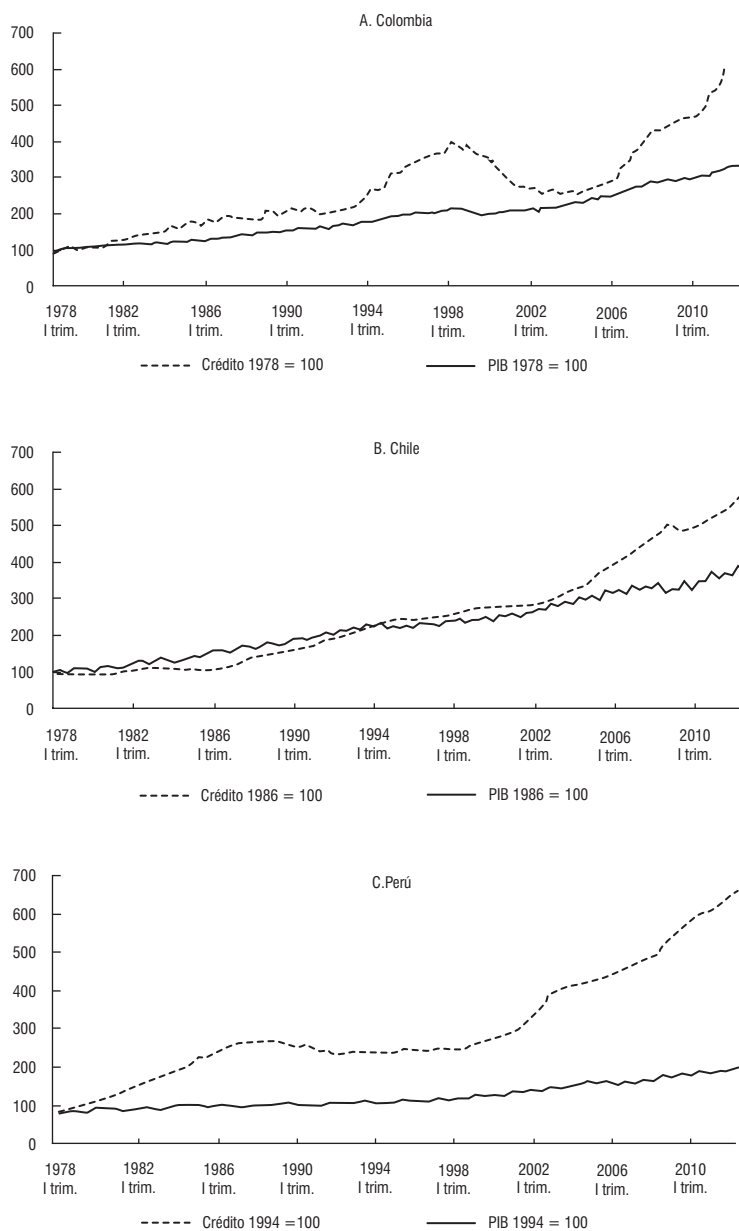
- Aikman, D.; Haldane, A.; Nelson, B. (2011). "Curbing the Credit Cycle" (manuscript), Bank of England.
- Alessi, L.; Detken, C. (2011). "Quasi Real Time Early Warning Indicators for Costly Asset Price Boom/Bust Cycles: A Role for Global Liquidity", *European Journal of Political Economy*, vol. 27, núm. 3, pp. 520-533.
- Borio, C.; Drehmann, M. (2009) "Assessing the Risk of Banking Crises: revisited", *BIS Quarterly Review*, Bank for International Settlements, 2 de marzo.
- Breitung, J.; Candelon, B. (2006). "Testing for Short- y Long-run Causality: A Frequency-Domain Approach", *Journal of Econometrics*, vol. 132, núm. 2, pp. 363-378.
- Céspedes, L. F.; Velasco, A. (2012). "Macroeconomic Performance During Commodity Price Booms y Busts", working papers, núm. 18569, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Christiano, L. J.; Eichenbaum, M. (1995). "Liquidity Effects, Monetary Policy, and the Business Cycle", *Journal of Money, Credit y Banking*, vol. 27, núm. 4, pp. 1113-1136.
- Christiano, L.; Fitzgerald, T. (2003). "The Band Pass Filter", *International Economic Review*, vol. 44, núm. 2, pp. 435-465, 05.
- Claessens, S.; Kose, M.; Terrones, M. (2012). "How Do Business and Financial Cycles Interact?", *Journal of International Economics*, vol. 87, núm. 1, pp. 178-190.
- Comin, D.; Gertler, M. (2006). "Medium-Term Business Cycles", *American Economic Review*, vol. 96, núm. 3, pp. 523-551, American Economic Association.
- Drehmann, M.; Borio, C.; Tsatsaronis, K. (2012). "Characterising the Financial Cycle: Don't Lose Sight of the Medium Term!", working papers, núm. 380, Bank for International Settlements.
- Erten, B.; Ocampo, J. A. (2013). "Super Cycles of Commodity Prices since the Mid-Nineteenth Century", *World Development*, vol. 44, pp. 14-30.
- Geweke, J. (1982). "Measurement of Linear Dependence and Feedback between Multiple Time Series", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 77, núm. 378, pp. 304-313.
- Goodhart, C.; Hofmann, B. (2008). "House Prices, Money, Credit and the Macroeconomy", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 24, pp. 180-205.
- Granger, C. W. J. (1966). "The Typical Spectral Shape of an Economic Variable", *Econometrica*, vol. 34, pp. 150-161.

- Hamilton, J. D. (1994). *The Time Series Analysis*, Princeton: Princeton University Press.
- Hosoya, Y. (1991). "The Decomposition and Measurement of the interdependence between Second-Order Stationary Process", *Probability Theory y Related Fields*, núm. 88, pp. 429-444.
- Jalil, M.; Gómez, J. (2010). "La transmisión de la política monetaria en Colombia a través del ciclo financiero", en: Jalil, M. y Mahadeva, L. (eds.) *Mecanismos de transmisión de la política monetaria en Colombia*, Banco de la República y Universidad Externado de Colombia, Bogotá D. C., Colombia.
- King, R. G.; Plosser, C. I.; Rebelo, S. T. (1988). "Production, Growth and Business Cycles: I. The Basic Neoclassical Model", *Journal of Monetary Economics*, vol. 21, núms. 2-3, pp. 195-232.
- Kydland, F.; Prescott, E. (1982). "Time to Build and Aggregate Fluctuations", *Econometrica*, vol. 50, núm. 6, pp. 1345-1370.
- Lucas, R. E. (1987). *Models of Business Cycles*, New York: Basil Blackwell.
- Ng, E. (2011). "Forecasting US Recessions with Various Risk Factors and Dynamic Probit Models", *Journal of Macroeconomics*, vol. 34, núm. 1, pp. 112-125.
- Pollock, D. S. G. (2000). "Trend Estimation and de-Trending Via Rational Square-Wave Filters", *Journal of Econometrics*, vol. 99, núm. (2), pp. 317-334, Elsevier.
- Rotemberg, J.; Woodford, M. (1991). "Markups and the Business Cycle", *NBER Macroeconomics Annual 1991*, vol. 6, pp. 63-140, National Bureau of Economic Research.
- Schularick, M.; Taylor, A. M. (2012). "Credit Booms Gone Bust: Monetary Policy, Leverage Cycles, and Financial Crises, 1870-2008", *American Economic Review*, vol. 102, núm. 2, pp. 1029-1061, American Economic Association.
- Tenjo, F.; López, M. (2010). "Early Warning Indicators for Latin America", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 28, núm. 63, pp. 232-259, Banco de la República.
- Wildi, M. (2008a). *Real-Time Signal Extraction: Beyond Maximum Likelihood Principles*, New York: Springer.

ANEXO 1

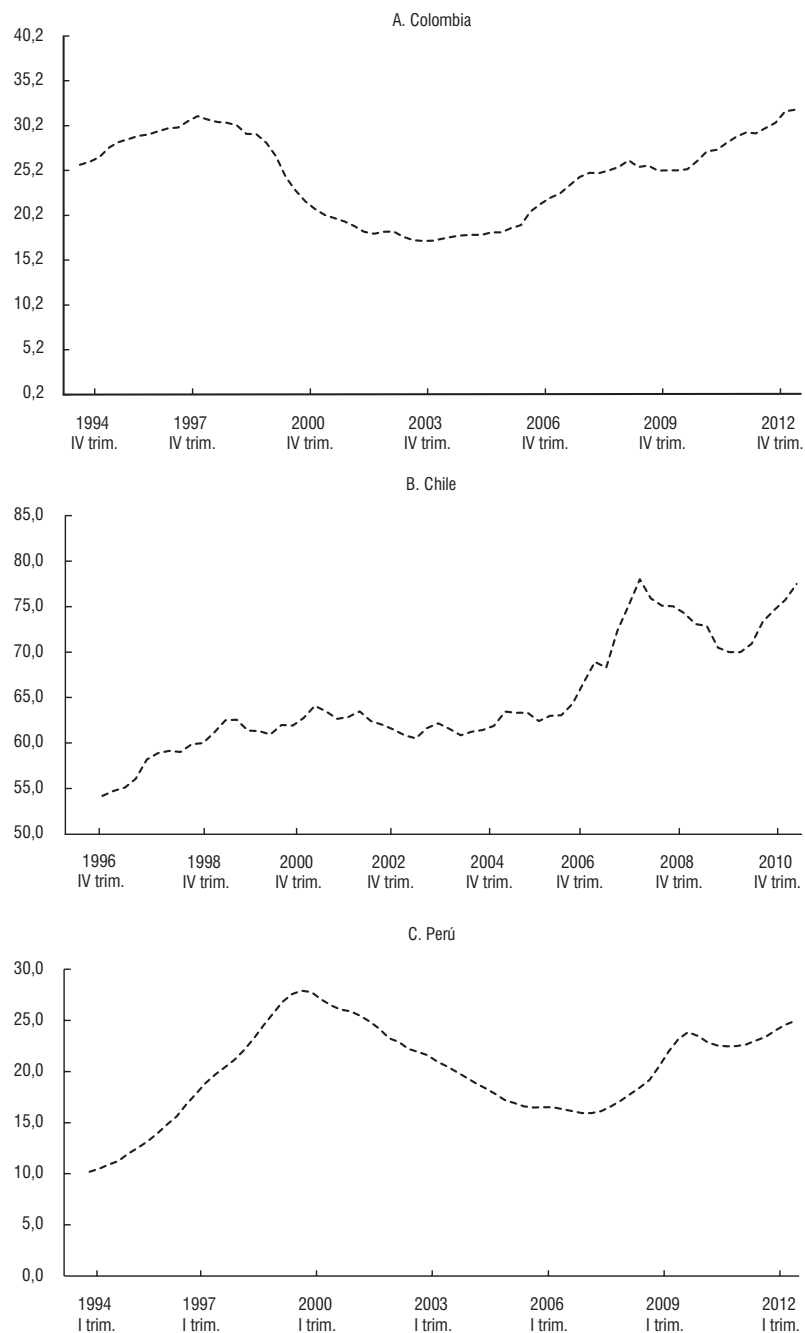
Gráfico A1.1

Crédito real y PIB real para Colombia, Chile y Perú



Fuente: bancos centrales de Colombia, Chile y Perú.

Gráfico A1.2
Crédito como porcentaje del PIB en Colombia, Chile y Perú



Fuente: bancos centrales de Colombia, Chile y Perú.

8. FLUJOS DE DEUDA EXTERNA Y EL MERCADO DE CRÉDITO: UN ENFOQUE DE AGENTE-PRINCIPAL

Esteban Gómez
Andrés Murcia
Nancy Zamudio*

Comprender la relación entre los flujos de capital y la dinámica del crédito interno ha cobrado especial atención en las últimas décadas, en gran parte debido a la alta correlación entre el crecimiento del crédito y los flujos de capital, particularmente después de 1975 (Jorda *et al.*, 2011). Desde entonces, la literatura académica ha documentado ampliamente cómo los escenarios de crecimiento del crédito (contracción) han estado estrechamente asociados con episodios de entradas (salidas) de capital —Reinhart y Calvo (2000); Kohli (2003); Calomiris (2009); Bruno y Shin (2012); Lane y McQuade (2012)—. Colombia no es la excepción en este tipo de comportamiento —Carrasquilla *et al.* (2000), Tenjo y López (2002); Villar *et al.* (2005)—.

En la literatura los estudios sobre los efectos de los flujos de capital en los mercados de crédito se pueden dividir en dos: aquellos con un enfoque macro y aquellos con uno microeconómico. Con respecto a los primeros, varios estudios se han centrado en los efectos indirectos que los flujos de capital tienen sobre el crédito mediante su impacto en los precios de los activos. De acuerdo con la literatura del acelerador financiero (Bernanke y Gertler, 1995), en especial aquella que introduce una restricción de colateral a la Kiyotaki y Moore (1997), la fortaleza (o resistencia) financiera de los prestatarios depende de los precios de los activos, debido al efecto de estos últimos sobre la prima de riesgo. Esta prima surge de la diferencia entre la obtención de financiamiento con fuen-

* Los autores son, en su orden, director del Departamento de Estabilidad Financiera, del Banco de la República, profesional líder de la Subgerencia Monetaria y de Inversiones Internacionales (actualmente se desempeña como economista del Banco de Pagos Internacionales), y asesora del Viceministerio Técnico de Hacienda, del Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Las opiniones son de entera responsabilidad de los autores y no reflejan las del Banco de la República, de su Junta Directiva ni las del Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Todos los errores u omisiones son responsabilidad de los autores. Agradecen a Diego Vásquez por su enorme ayuda en los ejercicios empíricos de este documento, como también a Xavier Freixas, Pamela Cardozo, Dairo Estrada, Juan Pablo Zárate, Hernando Vargas y a los participantes del seminario de investigación del Banco de la República por sus comentarios. Igual, y especialmente, a José Eduardo Gómez y Jair Ojeda, editores de este libro, así como al evaluador anónimo de este artículo.

tes internas y externas, contradiciendo los principios del teorema de Modigliani-Miller (1958). Los flujos de capital, mediante su efecto sobre los precios de los activos, afectan negativamente la prima de financiamiento externo, aumentando la capacidad de endeudamiento de las empresas. Una conclusión similar puede extraerse a partir del modelo teórico propuesto por Aoki *et al.* (2009), donde el precio de los activos y los límites a los créditos muestran tener una fuerte interacción que funciona como un mecanismo de propagación: los efectos de mayores entradas de capital hacia el sector real se amplifican por el aumento en los precios de los activos, lo que relaja aún más las restricciones de financiamiento.

La relación entre los precios de los activos y los flujos de capital también se ha documentado en la literatura empírica. Aizenman y Jinjark (2009) estudian la relación entre la cuenta corriente y la valoración de los precios inmobiliarios para una muestra amplia de países. Los autores encuentran una asociación positiva entre los déficits en cuenta corriente y la apreciación de los precios inmobiliarios. Una conclusión similar se extrae del trabajo de Adam *et al.* (2011), en el que los autores calibran un modelo de valoración de activos en una economía pequeña y abierta para replicar la evidencia empírica que vincula los déficits en cuenta corriente y la dinámica de precios de la vivienda en los países del G7. Adicionalmente, a partir de datos trimestrales y un panel de 40 países desde 1990 hasta 2010, Olaberria (2012) encuentra que los países emergentes son más propensos a experimentar auges en los precios de los activos durante períodos de gran afluencia de capital.

Otra parte de la literatura macroeconómica se ha centrado en el estudio del efecto de los flujos extranjeros en la economía, con el uso de modelos de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE, por su sigla en inglés) calibrados para que coincidan con los ciclos económicos observados. En particular, Ghironi y Melitz (2005) desarrollan un modelo DSGE de dos economías con operaciones internacionales de crédito, y muestran que los países menos regulados enfrentan mayor apreciación y déficits de deuda externa más alta que sus contrapartes más regulados. Mendoza (2005), por otra parte, utiliza un modelo DSGE que replica la dinámica observada durante los episodios de salidas súbitas de capital, y llega a la conclusión de que un mecanismo de deflación de la deuda de tipo fisheriano, provocado por una restricción del crédito, parece ser la fuente de dichos episodios. En un trabajo más reciente, Kollman (2013) calcula, por métodos bayesianos, un modelo DSGE para dos países con un banco global, en un intento por proporcionar una evaluación empírica del papel de los bancos como fuente de choques y mecanismo de transmisión. El autor encuentra evidencia de que la dinámica de la actividad real en los Estados Unidos y la zona del euro está afectada, en gran medida, por las crisis bancarias, ya que estos escenarios representan una parte significativa de su varianza.

Otra contribución importante derivada del enfoque macroeconómico se relaciona con el estudio de la función de los flujos de capital como fuente de financiación externa directa de las entidades de crédito (Chinn y Dooley, 1997; Edwards y Vegh, 1997). Además, en una economía con empresas prestando directamente del extranjero, las entradas de capital pueden liberalizar los recursos en el sector financiero, que pueden ser canalizados a las empresas sin acceso previo a los mercados de crédito (Villar y Salamanca (2005)), por lo que los flujos de capital podrían cambiar la composición de los pasivos de las empresas. Esta intuición está también presente en Gertler y Gilchrist (1994), donde las pequeñas empresas son más propensas a sufrir restricciones de crédito cuando los préstamos se vuelven más costosos.

Por otro lado, la literatura microeconómica relativa a los flujos de capital es algo más reciente, y parece estar particularmente interesada en el efecto de las perturbaciones en los flujos de capital en las decisiones de los bancos y las empresas. Utilizando datos micro del mercado japonés, Amiti y Weinstein (2013) analizan cómo los choques financieros afectan los préstamos y la inversión, y encuentran que los choques a bancos representan el 40% de la fluctuación en ambas variables. Más aún, los autores muestran que solo las empresas que dependen de los préstamos se ven afectadas negativamente por las crisis bancarias, lo que implica que estas firmas no pueden sustituir sus fuentes de financiamiento fácilmente después de un choque. Por otra parte, Ongena *et al.* (2013) muestran que los bancos que dependen de la financiación internacional reducen más sus préstamos que los bancos nacionales financiados localmente y, en consecuencia, las empresas que piden prestado a estos bancos sufren más los efectos financieros y reales que las instituciones financiadas localmente. Un resultado similar se encuentra por Bofondi *et al.* (2013), quienes muestran que los bancos italianos redujeron menos la oferta de crédito que los bancos extranjeros después del estallido de la crisis de deuda soberana. Esta misma intuición se puede encontrar en Schnabl (2012) y Correa *et al.* (2012), quienes hallan que los bancos internacionales transmiten choques de liquidez entre países, y estos choques adversos reducen efectivamente los préstamos en los países afectados.

En efecto, el enfoque de agente-principal puede proporcionar explicaciones interesantes para este problema. En primer lugar, en un modelo con información imperfecta, el paradigma Modigliani-Miller (1958) se rompe y la estructura financiera es importante. En este escenario alternativo el racionamiento del crédito se genera endógenamente mediante una decisión óptima de los inversionistas externos (principal), y los préstamos no solo se vuelven relevantes, sino que pueden coexistir con los mercados de capitales. En su trabajo sobre la teoría de la intermediación financiera, Holmström y Tirole (1997) explican el papel de los intermediarios financieros y su relación con las empresas y los mercados de capitales. Los autores también analizan el efecto de las perturbaciones en la estructura de la deuda de las empresas, identificando, por ejemplo, las repercusiones de la crisis crediticia provocada por una caída en el capital de los bancos o de una reducción en el capital, originada potencialmente por una disminución en el valor de los activos de las empresas.

Bajo ciertos supuestos razonables, el modelo aquí presentado predice que una crisis crediticia externa (es decir, una caída en la cantidad de fondos disponibles para prestar de los inversionistas extranjeros), no solo afecta negativamente el crédito externo agregado, sino que reduce la proporción de empresas con acceso a recursos intermediados (tanto de inversionistas extranjeros, como de bancos locales). Así, empresas con poca capitalización pierden su acceso a los mercados de crédito, y así los fondos fluyen hacia las empresas de mayor valor. Es importante señalar que algunas empresas que inicialmente fueron financiadas exclusivamente por intermedio de los mercados extranjeros y de capital, ahora tendrán que pedir fondos adicionales a bancos locales.

Utilizando datos trimestrales entre I trim. 1999 y I trim. 2012 sobre flujos de deuda externa y crédito interno al sector empresarial, así como en el costo de este tipo de financiación, la proporción de empresas con acceso a recursos intermediados y los precios de los activos, se estima un modelo VECX para validar empíricamente las proposiciones del marco teórico. En pocas palabras, se encuentra que un choque negativo sobre los fondos extranjeros reduce el crecimiento del crédito y la proporción de empresas con acceso a

la financiación en el largo plazo. Además, no se encuentra una relación estadísticamente significativa entre los flujos de deuda y el crédito interno en el corto plazo, lo que puede ser el resultado de las particularidades del mercado local, donde se restringe la intermediación de préstamos en moneda local utilizando fondos extranjeros, reduciendo así el impacto del canal de crédito derivado de los flujos de deuda externa.

Las implicaciones de política económica que surgen de los resultados proporcionan elementos valiosos para enriquecer los debates sobre la efectividad y los efectos potenciales de distintas medidas, como la imposición de controles al capital. En particular, la evidencia presentada demuestra que una reducción en los flujos de capital tiene efectos negativos sobre el mercado de crédito local. Este tipo de efectos no debe ser pasado por alto cuando se habla de medidas de esta naturaleza.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: la sección 1 describe el modelo teórico. Ejercicios de estática comparativa del marco teórico se realizan en la sección 2, en donde se describen las principales predicciones del modelo. La sección 3 presenta la aplicación empírica, así como algunos hechos estilizados de las variables relevantes en el modelo. Finalmente, la sección 4 presenta las conclusiones.

1. EL MODELO

En esta sección se presenta la versión modificada del modelo de Holmström y Tirole (1997), que introduce la posibilidad de financiar los proyectos por medio de una nueva fuente¹. En particular, en esta modificación se propone incluir un conjunto adicional de agentes neutrales al riesgo, a saber: inversionistas extranjeros que ejercen la actividad de monitoreo. En esencia, esto permite que se amplíe el modelo simple a un entorno de “economía abierta”, ampliando los ejercicios de estática comparativa en relación con el impacto económico de los choques exógenos.

Al igual que en la versión estándar del modelo, la presencia de información asimétrica, debida a un problema de riesgo moral, valida la actividad de intermediación financiera. El modelo considera tres períodos ($t = 0, 1, 2$) y cuatro agentes: empresarios (e), bancos (b), inversionistas extranjeros (f) e inversionistas no informados (i). A continuación, cada uno de estos agentes y sus acciones se describen, bajo el supuesto de que la tasa de interés demandada por los inversionistas desinformados es exógena².

1.1 Los empresarios

Se considera un continuo de empresarios neutrales al riesgo, quienes ejecutan el proyecto de inversión. Estos agentes son heterogéneos, ya que difieren en su nivel de capital, que está representado por A . Ellos están dispuestos a invertir ese capital en un proyecto de

1 Una versión estandarizada de Holmström y Tirole (1997) se presenta en el Anexo 1.

2 Como en el modelo de Holmström y Tirole (1997), esto es equivalente a asumir que los inversionistas desinformados tienen acceso a un activo líquido que genera retornos γ por cada unidad invertida. Los ahorros son, entonces, completamente elásticos a la tasa de interés $\gamma - 1$.

tamaño I , donde $I > A$. Por tanto, el monto total de los recursos que necesitan pedir prestado está representado por $I - A$.

La función de distribución acumulada del capital está representada por $G(A)$, que se supone normalizada para tener un valor de 1. Un cambio en el nivel general de capital se supone representado por el parámetro θ , tal que $G(A|\theta)$.

Hay tres formas de financiar el proyecto externamente, que se discutirán en detalle en las secciones 1.6, 1.7 y 1.8. Los empresarios deciden entre un buen o mal comportamiento en el período $t = 1$, en función del nivel de esfuerzo que le dedican al proyecto. Cuando se comportan bien, el proyecto tiene una mayor probabilidad de éxito p_H ; cuando se comportan mal, la probabilidad es p_L (con $p_H > p_L$) y los administradores obtienen un beneficio privado de b o B , que está condicionado por la presencia o no de monitoreo. Por último, se define Δp como $p_H - p_L$.

1.2 Los inversionistas desinformados

Hay un grupo de inversionistas desinformados que son neutrales al riesgo e individualmente pequeños y, por tanto, no pueden supervisar el proyecto directamente. Demandan una tasa de retorno γ (su costo de oportunidad) sobre la cantidad invertida en el proyecto (I_i).

1.3 Los bancos

En esta economía hay varios bancos pequeños que también son neutrales al riesgo. Participan en el proyecto como monitores/financistas o pueden imitar a los inversionistas desinformados. En el primer caso, deben incurrir en un costo denotado por c en $t = 1$. Esta actividad permite reducir el beneficio privado de los empresarios de B a b . Los monitores poseen un nivel de capital indicado por K_b y demandan una tasa de retorno χ sobre su inversión, I_b . Si participan como inversionistas desinformados, entonces no incurren en costos y exigen una tasa de rendimiento de γ sobre su inversión.

1.4 Inversionistas extranjeros

En esta economía hay un grupo de inversionistas extranjeros que, de forma análoga a los otros agentes en el modelo, también son neutrales al riesgo. Participan en el proyecto, ya sea como monitores/financistas o pueden imitar a los inversionistas desinformados, pero no pueden actuar como bancos locales³. En su papel como monitores, incurren en un costo denotado por c^* en $t = 1$. Esta actividad permite reducir el beneficio privado de

3 Es algo similar a Holmström y Tirole (1997), donde se supone que los inversionistas no informados son incapaces de supervisar. Por otra parte, se justifica, ya que la regulación colombiana no permite que los bancos extranjeros operen como sucursales en el mercado nacional, sino como filiales, lo que aumenta los costos de la concesión de préstamos a las empresas locales.

los empresarios de B a b . Como monitores, poseen un nivel de capital indicado por K_f y demandan una tasa de retorno χ^* sobre su inversión, I_f . Si participan como inversionistas desinformados, entonces no incurren en costos y exigen una tasa de rendimiento sobre su inversión. Por último, se supone que estos agentes pueden financiarse a un menor costo en los mercados extranjeros; es decir, que existe una tasa de interés $\gamma^* < \gamma$.

1.5 El proyecto

El proyecto requiere una inversión inicial de I en $t = 0$. Los únicos dos resultados posibles de este proyecto son R , si el proyecto tiene éxito, y 0 en caso contrario. El resultado del proyecto es compartido entre los cuatro agentes de la economía, que en caso de ser exitoso, puede expresarse como:

$$R = R_i + R_e + R_b + R_f \quad (1)$$

donde los subíndices representan a los inversionistas no informados (i), empresarios (e), bancos (b) e inversionistas extranjeros (f).

La diferencia entre el tamaño del proyecto y el capital del empresario debe ser financiado externamente, o bien solo por los inversionistas desinformados (financiación directa), o por inversionistas extranjeros y, eventualmente, también por bancos locales (financiación intermediada).

El proyecto genera un valor presente neto positivo (VPN) si, y solo si el empresario se comporta bien. Esto está representado por la siguiente condición:

$$p_H R - \gamma I > 0 > |p_L R - \gamma I| + B \quad (2)$$

La ecuación (2) implica que solo el buen proyecto es socialmente deseable.

Para completar la configuración básica del modelo, se tiene que los inversionistas extranjeros demandan una tasa de retorno χ^* , para lo cual se debe mantener de forma natural que $\gamma^* < \gamma < \chi^* < \chi$. La desigualdad ($\gamma < \chi^*$) proviene de los costos de monitoreo y de que los inversionistas extranjeros podrían hacerse pasar como inversionistas no informados (y ganar γ) si no se da el incentivo suficiente para realizar la labor de monitoreo. La desigualdad ($\chi^* < \chi$) se deriva de suponer que estos agentes tienen acceso a un menor costo de financiamiento ($\gamma^* < \gamma$), lo que les permite exigir una tasa de retorno menor sobre sus fondos; naturalmente, las empresas preferirán financiarse por medio de inversionistas extranjeros que por bancos⁴, siempre y cuando su nivel de activos proporcione acceso a dicha financiación⁵. Los inversionistas no informados, por supuesto, son preferidos a los

4 Véase el Anexo 2 para una demostración formal de esta afirmación.

5 Este supuesto parece razonable para Colombia, donde no solo los fondos externos son típicamente menos costosos que los fondos locales, sino también las grandes empresas (volumen de activos) son por lo general las únicas capaces de acceder a los mercados de liquidez extranjera.

bancos y a los inversionistas extranjeros⁶. Finalmente, se supone que el capital con el que cuentan los monitores externos e internos, K_f y K_b , es exógeno.

1.6 Financiamiento directo

En primer lugar, se presenta el caso del empresario que es (potencialmente) financiado por inversionistas desinformados. Aquí se elimina la presencia del financiamiento indirecto.

La regla de repartición se divide entre inversionistas y empresarios, lo que implica que:

$$R = R_i + R_e \quad (3)$$

La siguiente condición garantiza el buen comportamiento de los empresarios, y establece que el resultado esperado para la empresa, si los gerentes realizan un esfuerzo alto, debe ser mayor que el que surge en presencia de un bajo nivel de esfuerzo:

$$\begin{aligned} p_H R_e &\geq p_L R_e + B \\ R_e &\geq \frac{B}{\Delta p} \end{aligned} \quad (4)$$

Desde la perspectiva de los inversionistas desinformados, el proyecto será financiado si el resultado esperado (de invertir en el proyecto) es superior a su costo de oportunidad:

$$\begin{aligned} p_H R_i &\geq \gamma(I - A) \\ I_i &\geq \frac{p_H R_i}{\gamma} \end{aligned} \quad (5)$$

La empresa solo puede obtener financiamiento directo si tiene suficiente capital (*i.e.*: $A + I_i \geq I$). De la combinación de las ecuaciones (3), (4) y (5) es posible obtener el nivel de capital mínimo ($\bar{A}$) requerido por los inversionistas no informados con el fin de financiar el proyecto, el cual está dado por:

$$A \geq \bar{A}(\gamma) \equiv I - \frac{p_H}{\gamma} \left[R - \frac{B}{\Delta p} \right] \quad (6)$$

6 Esta afirmación se demuestra más adelante y se deriva del hecho de que $\chi > \chi^* > \gamma$.

1.7 Financiamiento intermediado: inversionistas extranjeros

Si las empresas no tienen suficientes activos para financiar el proyecto con financiamiento directo, pueden tratar de pedir prestado I_e a los inversionistas extranjeros (a cambio de R_e). La cantidad total por ser financiada ($I - A$) será aportada por inversionistas extranjeros (I_f) y desinformados (I_i):

$$I - A = I_i + I_f \quad (7)$$

La regla de repartición se divide entre estos tres agentes:

$$R = R_i + R_f + R_e \quad (8)$$

Dada la definición de la tasa de rentabilidad exigida por el monitor extranjero, la siguiente identidad contable debe prevalecer:

$$\begin{aligned} p_H R_f &= \chi^* I_f \\ \chi^* &= \frac{p_H R_f}{I_f} \end{aligned} \quad (9)$$

Del mismo modo, para el inversionista desinformado debe ser también el caso que el resultado esperado del proyecto es igual a la tasa de retorno requerida sobre la inversión inicial:

$$\begin{aligned} p_H R_i &= \gamma I_i \\ \gamma &= \frac{p_H R_i}{I_i} \end{aligned} \quad (10)$$

Por otra parte, la siguiente condición de compatibilidad de incentivos se debe satisfacer para que los inversionistas extranjeros actúen como monitores/financistas y no imiten a los inversionistas no informados:

$$\begin{aligned} \chi^* I_f - c &\geq \gamma I_f \\ \chi^* - \gamma &\geq \frac{c^*}{I_f} \end{aligned} \quad (11)$$

Hay dos condiciones que deben cumplirse con el fin de justificar (socialmente) la actividad de monitoreo:

$$p_H R_e < p_L R_e + B \quad (12)$$

$$p_H R_e \geq p_L R_e + b \quad (13)$$

La ecuación (13) implica:

$$R_f + R_i \leq R - \frac{b}{\Delta p} \quad (14)$$

O de manera equivalente:

$$R_e \geq \frac{b}{\Delta p} \quad (15)$$

La restricción de compatibilidad de incentivos del inversionista extranjero para ejercer la labor de monitoreo es:

$$\begin{aligned} p_H R_f - c^* &\geq p_L R_f \\ R_f &\geq \frac{c^*}{\Delta p} \end{aligned} \quad (16)$$

Dado que la financiación intermediada es más costosa que la financiación directa, el empresario tratará de minimizar el aporte de los inversionistas extranjeros (y, por tanto, el rendimiento que se debe dar a ellos). De las ecuaciones (9) y (16) la participación mínima de los inversionistas extranjeros en el proyecto viene dada por:

$$\begin{aligned} I_f &= I_f(\chi^*) \equiv \frac{p_H R_f}{\chi^*} \\ &= \frac{p_H c^*}{\chi^* \Delta p} \end{aligned} \quad (17)$$

El resto de la financiación se obtiene de los inversionistas no informados, que invertirán en el proyecto siempre que el ingreso neto actual que puede ser comprometido por el empresario sea superior a su inversión inicial:

$$\frac{p_H}{\gamma} \left[R - \frac{b + c^*}{\Delta p} \right] \geq I - A - I_f(\chi^*) \quad (18)$$

De la ecuación (18) se puede obtener un nivel mínimo de capital de la empresa con el fin de recibir fondos para el proyecto de inversión, el cual puede expresarse como:

$$A \geq \underline{A}(\gamma, \chi^*) \equiv I - I_f(\chi^*) - \left[\frac{p_H (R - (b + c^*) / \Delta p)}{\gamma} \right] \quad (19)$$

Téngase en cuenta que $\underline{A}$ aumenta con b , c , γ y χ^* , y disminuye con Δp , P_H y R . La existencia de los inversionistas extranjeros se justifica si $\underline{A} < \bar{A}$. Esto se cumple cuando $\chi^* > \gamma$ y el costo de monitoreo c^* es lo suficientemente bajo.

1.8 Financiación intermediada: bancos

En este caso se considera la posibilidad de que el nivel de capital de determinadas empresas no es suficiente para obtener el financiamiento de inversionistas extranjeros (es decir $A < \underline{A}$). A los empresarios les gustaría invertir en el proyecto, pero en ausencia de una fuente adicional de financiación, su base de activos sería insuficiente. Por tanto, la presencia simultánea de bancos e inversionistas extranjeros aumenta el número de empresas que pueden invertir en el modelo. Aquellas empresas cuyo volumen de activos permite el acceso a los mercados de liquidez extranjera lo harán (más baratos), y las empresas más pequeñas financiarán sus actividades de inversión aprovechando los fondos adicionales (más costosos) ofrecidos por los bancos locales.

Por ende, ahora se observa que las empresas que no cuentan con suficientes activos para financiar el proyecto con préstamos directos y financiación indirecta de inversionistas extranjeros, pueden solicitar un préstamo I_b a los bancos (a cambio de R_b). La cantidad total por ser financiada ($I - A$) será aportada por los bancos (I_b), y por inversionistas extranjeros (I_f) y no informados (I_i):

$$I - A = I_i + I_b + I_f \quad (20)$$

La regla de repartición se divide ahora entre estos cuatro agentes:

$$R = R_i + R_f + R_b + R_e \quad (21)$$

Dada la definición de tasa de retorno demandada por los monitores, las siguientes identidades contables deben prevalecer:

$$\chi^* = \frac{p_H R_f}{I_f} \quad (22)$$

$$\chi = \frac{p_H R_b}{I_b} \quad (23)$$

Adicionalmente, el inversionista desinformado espera que el resultado del proyecto sea igual a la tasa de retorno demandada sobre la inversión inicial:

$$\gamma = \frac{p_H R_i}{I_i} \quad (24)$$

Las siguientes condiciones de compatibilidad de incentivos deben sostenerse con el fin de que tanto los inversionistas extranjeros como los bancos actúen como monitores/financistas y no imiten a los inversionistas desinformados:

$$\begin{aligned}\chi^* I_f - c^* &\geq \gamma I_f \\ \chi^* - \gamma &\geq \frac{c^*}{I_f}\end{aligned}\tag{25}$$

$$\begin{aligned}\chi I_b - c &\geq \gamma I_b \\ \chi - \gamma &\geq \frac{c}{I_b}\end{aligned}\tag{26}$$

Además, también se debe mantener la siguiente condición para garantizar que los bancos ejerzan la labor de monitoreo y no imiten a los inversionistas extranjeros:

$$\chi I_b - c \geq \chi^* I_b - c\tag{27}$$

$$\chi - \chi^* \geq 0\tag{28}$$

En este modelo se supone que el problema de riesgo moral que surge, dado que los inversionistas extranjeros podrían comportarse como bancos y, de esta forma, obtener una tasa de retorno más alta con costos de monitoreo más bajos, se elimina “de facto” por la regulación, y se prohíbe a los inversionistas extranjeros actuar como bancos locales.

Al igual que en el modelo de Holmström y Tirole (1997), la restricción de compatibilidad de incentivos del empresario implica que:

$$p_H R_e < p_L R_e + B\tag{29}$$

$$p_H R_e \geq p_L R_e + b\tag{30}$$

Por su parte, la compatibilidad de incentivos de los bancos para llevar a cabo el monitoreo es:

$$\begin{aligned}p_H R_b - c &\geq p_L R_b \\ R_b &\geq \frac{c}{\Delta p}\end{aligned}\tag{31}$$

Dado que la financiación intermediada resulta más costosa que el financiamiento directo, el empresario intentará minimizar la inversión de los bancos y de los inversionistas extranjeros (y, por tanto el rendimiento que se les debe dar). La cantidad mínima que debe ser invertida por parte de los inversionistas extranjeros se expresa en la ecuación (17), mientras que la de los bancos se pueden obtener a partir de las ecuaciones (23) y (31) como:

$$I_b = I_b(\chi) \equiv \frac{p_H R_b}{\chi} = \frac{p_H c}{\chi \Delta p}\tag{32}$$

El resto del financiamiento es obtenido por parte de los inversionistas desinformados, para quienes la condición de equilibrio está dada por:

$$\frac{p_H}{\gamma} \left[R - \frac{b^* + c + c^*}{\Delta p} \right] \geq I - A - I_b(\chi) - I_f(\chi^*) \quad (33)$$

De la ecuación (33) el nivel mínimo de capital requerido por la empresa para obtener financiación está dado por:

$$A \geq \underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi) \equiv I - I_b(\chi) - I_f(\chi^*) - \left[\frac{p_H (R - (b^* + c + c^*) / \Delta p)}{\gamma} \right] \quad (34)$$

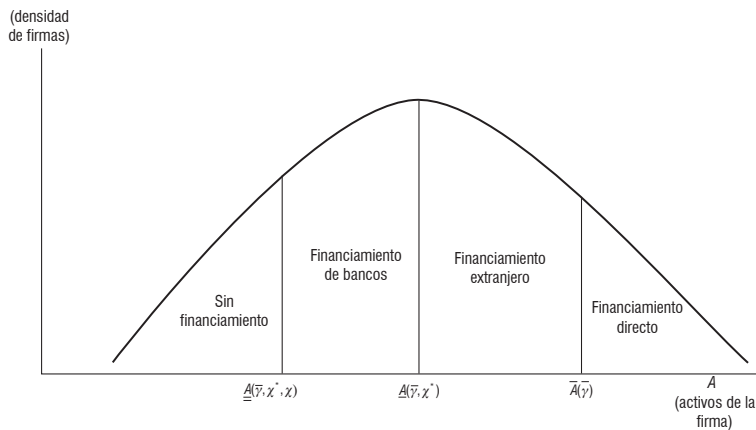
Es posible observar que $\underline{\underline{A}}$ aumenta con b , c , γ y χ , y disminuye con Δp , p_H y R . La existencia de los bancos se justifica si $\underline{\underline{A}} < \underline{A}$. Esto se cumple si $\chi > \chi^*$ y si los costos de monitoreo c y c^* son lo suficientemente bajos.

Teniendo en cuenta estos elementos, se pueden definir cuatro regiones de financiamiento:

- La región en la que $A \geq \bar{A}$: el proyecto es financiado directamente por parte de los inversionistas desinformados.
- La región donde $A \in [\underline{A}, \bar{A})$: el proyecto se financia adicionalmente con inversionistas extranjeros.
- La región donde $A \in [\underline{\underline{A}}, \underline{A})$: el proyecto se financia adicionalmente con bancos locales.
- La región en la que $A < \underline{\underline{A}}$: el proyecto no está financiado externamente y la empresa no puede invertir.

Es importante destacar que el área entre $\bar{A}$ y $\underline{A}$ corresponde a la proporción de empresas que necesitan obtener financiación intermediada con el fin de invertir, es decir, la proporción de empresas con crédito en la economía. La configuración general del modelo se representa en el Diagrama 1.

Diagrama 1
Repartición entre los tres tipos de financiamiento



Fuente: cálculos de los autores.

También debe ser el caso que los empresarios inviertan en el proyecto, incluso si tienen que ser monitoreados, en lugar de invertir sus recursos al costo de oportunidad de mercado. Esta condición es equivalente a la siguiente expresión:

$$p_H R - \frac{(\chi - \gamma)p_H c}{\Delta p \chi} - \frac{(\chi^* - \gamma)p_H c^*}{\Delta p \chi^*} \geq I\gamma \quad (35)$$

Los bancos y los inversionistas extranjeros financiarán el proyecto con su propio capital (exógeno) de acuerdo con:

$$K_f \geq \left[G(\bar{A}(\gamma)) - G(\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)) \right] I_f(\chi^*) \quad (36)$$

$$K_b \geq \left[G(\underline{A}(\gamma, \chi^*)) - G(\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)) \right] I_b(\chi) \quad (37)$$

Cuando la tasa de interés de los fondos provenientes de los inversionistas no informados es endógena, la oferta de ahorro, que depende de la tasa de interés, debe financiar la inversión total de acuerdo con la siguiente expresión:

$$S(\gamma) = \int_{\bar{A}(\gamma)}^{\infty} (I - A) dG(A) + \int_{\underline{A}(\gamma, \chi^*)}^{\bar{A}(\gamma)} (I - I_f(\chi^*) - A) dG(A) + \int_{\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)}^{\underline{A}(\gamma, \chi^*)} (I - I_f(\chi^*) - I_b(\chi) - A) dG(A) - \int_0^{\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)} A dG(A) \quad (38)$$

Lo que garantiza que se vacíe el mercado de ahorro.

2. Estática comparativa

La importancia de los ejercicios de estática comparativa es que proporcionan hipótesis verificables que pueden evaluarse empíricamente. En este caso, se está interesado en evaluar las predicciones del modelo teórico con respecto a los efectos de cambios en los flujos de capital sobre las variables relacionadas con el crédito. Además, en este caso particular, la estática comparativa desempeña un papel importante. La aplicación empírica propuesta en este trabajo consiste en un modelo VECX, donde las variables *proxy* de $K_f, K_b, A, \chi - \chi^*$ y $G(\bar{A}) - G(\underline{A})$ se incluyen como variables endógenas. El objetivo es estimar la respuesta de las variables anteriores a un choque sobre K_p permitiendo que operen los canales directos e indirectos de manera concomitante. Es evidente que, empíricamente, es difícil aislar el efecto específico de un canal individual. Sin embargo, en teoría, se puede evaluar el impacto por separado de cada uno, lo que permite un análisis del efecto esperado si todos los canales operan en el mercado.

En adelante, el crédito agregado en la economía se define como la suma de la financiación intermediada (fondos extranjeros y bancarios), mientras que el acceso al crédito puede ser evaluado mediante la proporción de empresas que obtienen recursos intermediados. Nótese que, por definición, cualquier tipo de contracción de capital en este modelo

implicará inmediatamente que la cantidad de crédito en equilibrio decrezca, ya que los bancos y los inversionistas extranjeros prestan todo su capital disponible a las empresas.

2.1 Efecto directo

En primer lugar, se evalúa el efecto directo que una caída en K_f puede tener sobre las variables relacionadas con el crédito.

Proposición 1. *Suponiendo que γ es exógeno (por lo que $\bar{A}(\gamma)$ es fijo), una contracción del crédito extranjero afectará negativamente la inversión agregada y aumentará los límites ($\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ y ($\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$) sobre los cuales las empresas pueden recibir recursos de crédito, lo que reduce la proporción de empresas con acceso a la financiación intermediada.*

Demostración de la Proposición 1. Por contradicción. Si una reducción del capital hace que ($\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ y ($\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$) caigan, un conjunto estrictamente más grande de las empresas se financian con fondos intermediados por inversionistas extranjeros. Así, cada empresa recibirá menos capital (la cantidad disminuye de acuerdo con la ecuación (37)), y χ^* debe aumentar. Como el capital extranjero se vuelve más costoso, menos empresas podrán depender del capital extranjero como única fuente de fondos intermediados: $\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ aumenta, como se aprecia en la ecuación (20). Si $\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ aumenta y $\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$ disminuye, los fondos intermediados por bancos abarcarán un conjunto estrictamente más grande de las empresas. De acuerdo con la ecuación (35) esto implica que cada empresa va a recibir una cantidad menor de fondos (es decir $I_b(\chi)$ cae), lo que resulta en un aumento del costo de los fondos de los bancos, χ . Si ambos tipos de capital se vuelven más costosos (χ y χ^* aumentan), no puede ser que $\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$ disminuya (según la ecuación (35)), lo que contradice la proposición inicial.

La proposición anterior tiene algunas implicaciones interesantes. En primer lugar, no solo la inversión agregada en la economía cae (es decir, menos crédito), sino que también disminuirá la proporción de empresas con acceso a recursos intermediados. Por otra parte, implica que durante una crisis de crédito extranjera, la tasa de interés de los fondos extranjeros, χ^* , debe aumentar, lo que resulta en que disminuirá la proporción de empresas cuyo acceso a recursos intermediados ocurre exclusivamente por medio de inversionistas extranjeros (i. e.: $G(\bar{A}) - G(\underline{A})$ cae). Por último, el resultado sobre las tasas locales es ambiguo y dependerá de la forma de la función $G(\bullet)$. La proposición 1 se limita a establecer que ($\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ y $\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$) deben aumentar, pero no se puede descartar la posibilidad de que, a medida que esto sucede, la proporción de empresas con acceso a fondos bancarios en realidad aumenta (disminuye), de modo que $I_b(\chi)$ debe caer (aumentar) para garantizar el equilibrio, lo que implica un incremento (disminución) en χ . Una representación visual de la Proposición 1 se presenta en el Diagrama 2, panel A.

Con el fin de reducir algunas ambigüedades en los resultados, se limitan algunos aspectos en torno a la distribución de $G(\bullet)$ para analizar las implicaciones sobre la estática comparativa del modelo:

Proposición 2. *Si la distribución de $G(\bullet)$ es unimodal y $\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)$ es la moda o está hacia su derecha, entonces una contracción del crédito extranjero implicará una reducción en la proporción de empresas que reciben financiación bancaria local.*

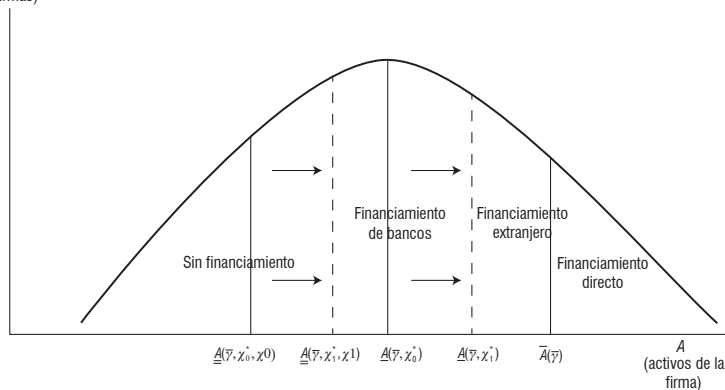
Demostración de la Proposición 2. Por contradicción. Una contracción del crédito extranjero aumenta el conjunto de empresas que tienen acceso a la financiación bancaria (es decir, $[G(\underline{A}) - G(\underline{\bar{A}})]$ aumenta). Esto último implica que $I_b(\chi)$ debe caer, y χ se des- plaza hacia arriba. Sin embargo, si aumenta χ , entonces $\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)$ se incrementa más que proporcionalmente en comparación con el aumento de $\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ (ya que tanto χ como χ^*

Diagrama 2

Efecto de una contracción del crédito en los tres tipos de financiamiento

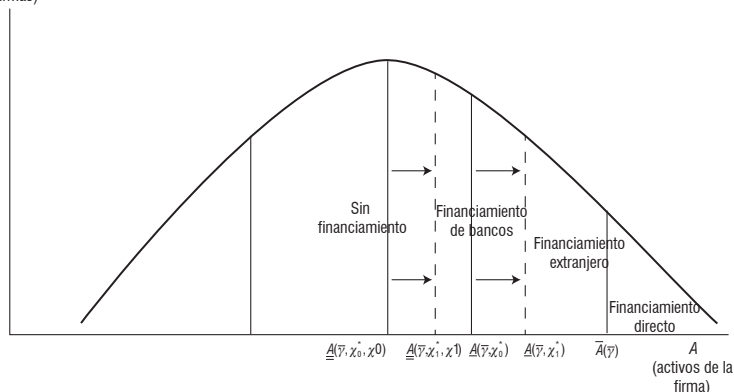
A. Sin supuesto distribucional

(densidad de firmas)



B. Distribución de $G(\bullet)$ es unimodal y $\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)$ está en la moda

(densidad de firmas)



Fuente: cálculos de los autores.

aumentan)⁷, y dada la forma de $G(\bullet)$ y la colocación de $\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)$, siempre debe ser cierto que $[G(\underline{A}) - G(\underline{\underline{A}})]$ cae (ya que se está moviendo hacia un área de menor masa probabilística de la distribución), lo que contradice la hipótesis inicial.

Un corolario interesante de la Proposición 2 es que la tasa de interés de los recursos de financiación locales siempre será presionada a la baja. Esto último es resultado del comportamiento de los bancos locales, que concentran sus préstamos en una proporción menor de empresas (de mayor valor). Como resultado de la incertidumbre en el mercado causada por la contracción del crédito externo, los bancos locales tratarán de escoger las mejores empresas para financiar, y las empresas pequeñas saldrán del mercado. La focalización de la cartera en un conjunto más pequeño de empresas, pero de mayor tamaño, permite que caigan las tasas en el mercado de crédito local.

En consecuencia, los resultados de la Proposición 2 establecen que, ante choques externos, las empresas con nivel de capital bajo perderán la posibilidad de financiamiento, la inversión agregada caerá, el diferencial entre las tasas locales y extranjeras se reducirá y el acceso a los recursos intermediados se concentrará en las empresas de mayor valor. Es importante señalar que algunas empresas que inicialmente fueron financiadas exclusivamente por capital extranjero ahora tendrán que pedir prestado a los bancos locales. En otras palabras, habrá un efecto de *crowding-out* en el mercado local de capital intermediado. Esta situación se representa en el Diagrama 2, panel B.

Los efectos negativos de los choques a K_f sobre las variables relacionadas con el crédito se pueden resumir de la siguiente forma:

- La tasa de los recursos extranjeros intermediados se incrementa: $\chi^* \uparrow$
- La tasa de los recursos bancarios locales intermediados decrece: $\chi \downarrow$
- La proporción de empresas con acceso a recursos intermediados se reduce: $G(\underline{A}) - G(\underline{\underline{A}}) \downarrow$

Nótese que para satisfacer lo establecido en la Proposición 2, se requiere que la distribución del valor de activos de las empresas sea unimodal y la proporción de empresas con acceso a fondos externos sea menor que el porcentaje de empresas a la derecha de la moda de la distribución empírica de activos (i. e.: que $\underline{A}$ esté a la derecha de la moda). Esta condición se cumple teniendo en cuenta los datos de Colombia. De hecho, mientras que el porcentaje de empresas con acceso a crédito se acercaba al 50% a diciembre de 2011⁸, la proporción de las empresas a la derecha de la moda osciló entre el 76% y el 92%, dependiendo del ancho de la banda utilizado en la construcción del histograma⁹. Por otra

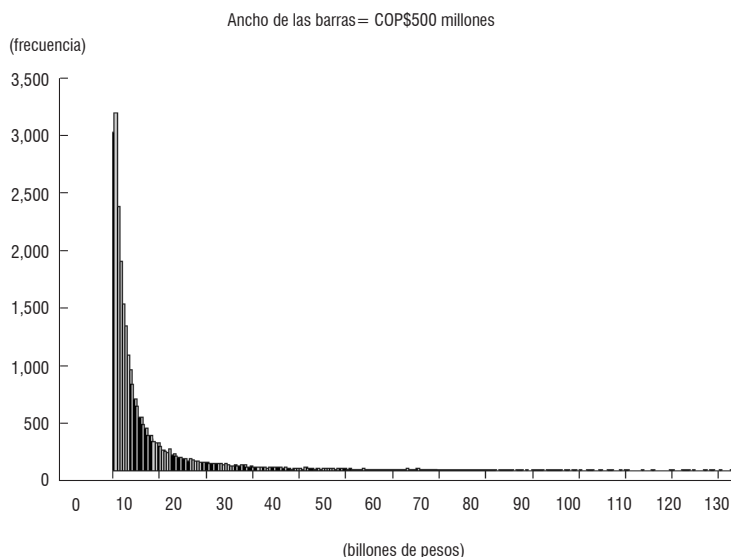
7 Cuando χ^* aumenta, tanto $\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ como $\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$ se incrementan en la misma proporción. De manera formal, un pequeño cambio en χ^* desplaza $\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ y $\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$ en $\frac{\partial \underline{A}(\gamma, \chi^*)}{\partial \chi^*} = \frac{\partial \underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)}{\partial \chi^*} = \frac{P_{HC}^*}{(\chi^*)^2 \Delta p}$. Por tanto, un incremento adicional en (χ) indiscutiblemente implica que $\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$ se mueve más que proporcionalmente, ya que $\frac{\partial \underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)}{\partial \chi} > 0$.

8 En el cálculo de esta proporción se consideró el número de empresas con al menos uno de los siguientes tipos de financiación: créditos bancarios locales, préstamos de un banco extranjero, préstamos de un banco extranjero intermediados por un banco local, préstamos de proveedores y emisión de bonos.

9 En el cálculo de la proporción del 76% de los datos, una amplitud de COP 500 millones fue utilizada (alrededor de USD 257.400), mientras que el 92% se calculó suponiendo una amplitud de solo COP 5 millones (cercana a USD 2.600).

parte, el Gráfico 1 revela inequívocamente la forma unimodal de la distribución empírica del valor de los activos de las empresas.

Gráfico 1
Distribución empírica del valor de los activos de las firmas



Fuente: Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores

En lo que resta, se supone que la restricción a la función $G(\bullet)$, descrita en la Proposición 2, se mantiene.

2.2 Efecto indirecto: canal de crédito bancario

El canal del crédito supone que si los bancos sufren un choque adverso sobre la oferta de fondos disponibles (es decir, los pasivos del banco), y no pueden sustituir fácilmente dichos fondos, el monto total de los préstamos que pueden ofrecer también se verá afectado. En este modelo simple, tal choque está parametrizado por una caída en K_b .

Proposición 3. *Suponiendo que γ es exógeno (por lo que $\bar{A}(\gamma)$ es fijo), una reducción del capital local afectará negativamente la inversión agregada y aumentará el límite sobre el cual las empresas pueden recaudar fondos de los bancos locales $\underline{A}(\gamma, \chi^*, \chi)$, disminuyendo así la proporción de empresas con acceso a la financiación intermediada.*

Demostración de la proposición 3. Por contradicción. Una disminución de capital local reduce el límite sobre el cual las empresas pueden acceder a la financiación bancaria ($\underline{A}$).

Dado que $\bar{A}$ es fijo, esto último implica que la proporción de empresas con acceso a financiación intermediada aumenta. De la ecuación (37) los inversionistas extranjeros prestarían una menor cantidad I_f por empresa, lo que implica que χ^* , la tasa de los fondos extranjeros, debería aumentar. Como el capital extranjero se vuelve más costoso, $\underline{A}$ se desplaza hacia la derecha, y dado que $\underline{A}$ cae, la proporción de empresas con acceso a fondos locales debería aumentar. Esto último implica que cada empresa recibiría una cantidad menor de fondos (es decir I_b cae), lo que resulta en un aumento en el costo de fondos bancarios, χ . Si ambos tipos de capital se vuelven más costosos (γ y χ^* aumentan), no puede darse que $\underline{A}$ (γ , χ^* , χ) disminuya (según la ecuación (35)), lo que contradice la declaración inicial.

La Proposición 3 tiene implicaciones importantes. Cada vez que hay una reducción del capital local, la inversión agregada se contrae, la proporción de empresas con acceso a recursos caerá, y las tasas de financiamiento locales aumentarán. Curiosamente, cabe destacar que, como la caída en la proporción de empresas con acceso a recursos intermediados no se ve acompañada por una reducción del capital extranjero, el equilibrio requiere que cada empresa obtenga una mayor cantidad de recursos extranjeros, lo cual solo es posible siempre y cuando el tipo de interés de este último caiga. Esto implica que si hay una reducción del capital local, $\underline{A}$ aumenta pero $\bar{A}$ disminuye, lo que resulta en un incremento en la proporción de empresas que obtienen los recursos que necesitan exclusivamente de los inversionistas extranjeros.

Intuitivamente, en la medida en que cae el capital bancario, los préstamos se vuelven más costosos, menos empresas pueden acceder a la financiación local, y las empresas poco capitalizadas son las primeras en ser excluidas del crédito bancario. Sin embargo, esto también implica que la proporción de empresas con acceso a la financiación intermediada es menor, y se concentra en las empresas de mayor valor, por lo que los inversionistas extranjeros pueden aumentar los recursos concedidos por empresa y reducir sus costos de financiamiento. Por otra parte, la reducción en el costo de los fondos extranjeros implica que determinadas empresas que necesitaban a los bancos locales para llevar a cabo el proyecto, ahora podrán satisfacer sus necesidades de inversión recurriendo a mercados de liquidez externa únicamente.

Por tanto, los efectos de una caída en K_b en las variables relevantes se pueden resumir como:

- La tasa de los recursos extranjeros intermediados disminuye: $\chi^* \downarrow$
- La tasa de los recursos bancarios locales intermediados aumenta: $\chi \uparrow$
- La proporción de empresas con acceso a recursos intermediados se reduce: $G(\bar{A}) - G(\underline{A}) \downarrow$

2.3 Efecto indirecto: canal de hoja de balance

En pocas palabras, el canal de hoja de balance establece que, cuanto mayor es el valor neto del activo del prestatario, mayor será la garantía que respalda los fondos que necesita pedir prestado. Por consiguiente, cuando el valor de la garantía disminuye, la capaci-

dad de la empresa para obtener financiamiento cae, deteriorando el crédito y la inversión global. Esto es el llamado efecto de acelerador financiero.

En términos prácticos, el canal opera desplazando la distribución de los activos de las empresas $G(A|\theta)$, con $\partial G(\bullet) / \partial \theta < 0$, hacia valores menores de A . Un deterioro en el colateral de las empresas corresponde a una disminución en θ , es decir, a un empeoramiento de la distribución en el sentido de dominancia estocástica de primer orden.

Proposición 4. *Suponiendo que γ es exógeno ($\bar{A}(\gamma)$ es fijo), un menor valor de la garantía afectará negativamente la inversión agregada y “aumentará” los límites $\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ y $\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$ sobre los cuales las empresas pueden recaudar fondos intermediados, lo que reduce la proporción de empresas con acceso a la financiación.*

Demostración de la proposición 4. La dominancia estocástica de primer orden implica que X domina Y si $F_X(x) \leq F_Y(x)$ para todo x , con desigualdad estricta en algún x . Por tanto, un empeoramiento de la distribución cuando θ disminuye implica que $G(A|\theta_0) \leq G(A|\theta_1)$ para todo A , con $\theta_1 < \theta_0$. Esto último lleva a que caiga la proporción de empresas que pueden acceder a fondos (en mercados de capitales o financiación intermediada), y lo mismo ocurre con la inversión agregada. Este efecto es equivalente al de aumentar los límites $\underline{A}(\gamma, \chi^*)$ y $\underline{\underline{A}}(\gamma, \chi^*, \chi)$.

En otras palabras, un menor valor de la garantía tiene los mismos efectos sobre la inversión agregada y la proporción de empresas con acceso a la financiación que una contracción del crédito externo, análogo al modelo original propuesto por Holmström y Tirole (1997)¹⁰. Intuitivamente, el efecto de una garantía de menor valor es directo. Si una recesión industrial golpea la economía y todas las empresas se encuentran con un menor valor de sus activos, entonces el acceso a la financiación (tanto directa como intermediada) se limita a un pequeño número de empresas, y la inversión total cae.

No obstante, los efectos de una reducción en las garantías sobre las tasas de interés son diferentes a los observados en los escenarios de contracción del capital estudiados anteriormente. En particular, cabe destacar que cae la proporción de empresas con acceso a ambos tipos de recursos (es decir, locales y extranjeros), pero esta reducción no se ve acompañada por un detrimento en el capital, por lo que para garantizar el equilibrio en el mercado, los bancos y los inversionistas extranjeros se verán obligados a reducir sus tasas con el fin de desembolsar una mayor cantidad de crédito por empresa.

Por consiguiente, los efectos de una reducción en el valor de las garantías sobre las variables relacionadas con el crédito se pueden resumir de la siguiente forma:

- La tasa de los recursos extranjeros intermediados disminuye: $\chi^* \downarrow$
- La tasa de los recursos bancarios locales intermediados disminuye: $\chi \downarrow$
- La proporción de empresas con acceso a recursos intermediados se reduce:
 $G(\bar{A}) - G(\underline{\underline{A}}) \downarrow$

Debe tenerse en cuenta que, si el choque es inducido por una disminución en el capital extranjero, entonces el efecto adverso sobre el acceso a la financiación intermediada

10 Recordemos que los inversionistas extranjeros en este modelo son equivalentes a los bancos/monitores del modelo original.

será más pronunciado. Además, es posible esperar que la contracción del crédito externo sea acompañada de una reducción en el capital bancario, por lo que el efecto negativo sobre la proporción de empresas con financiación será mayor.

La importancia de los ejercicios de estática comparativa es que establecen hipótesis verificables. En este caso particular, se esperaría que una reducción en los flujos de capital extranjero reduzcan el nivel de la inversión agregada, pero más relevante aún, que afecten negativamente el acceso de las empresas a los mercados de crédito. Lo anterior es el resultado de menos empresas con acceso a fondos extranjeros (efecto directo) y, además, este efecto podría reforzarse si se reduce el capital bancario local (canal del crédito) o por medio de un menor valor de las garantías si los precios de los activos caen (canal de hoja de balance). Por otra parte, cabe destacar que el modelo también predice que cualquier tipo de choque dará lugar a un *crowding-out* de empresas pequeñas a cambio de grandes (es decir, un valor de activos superior) en el mercado local de financiamiento intermedio. El efecto global en las tasas de interés no es tan claro, y depende de la naturaleza y la magnitud del choque, lo que implica que el efecto global sobre el margen de intereses ($\chi - \chi^*$) es incierto.

3. APLICACIÓN EMPÍRICA

El objetivo de esta sección es evaluar empíricamente las relaciones entre las variables más relevantes del modelo teórico que se plantearon en los ejercicios de estática comparativa de la sección 2. En particular, se busca evaluar los efectos que las perturbaciones en los flujos de deuda externa pueden tener sobre las variables relacionadas con el crédito. En el modelo teórico estos choques tienen un impacto sobre el acceso de las empresas a la financiación, que podría reforzarse (o mitigarse) con cambios en el valor de las garantías (canal de hoja de balance) o sobre los recursos bancarios (canal del crédito).

3.1 Los datos

El modelo empírico se estimó utilizando datos trimestrales entre I trim. 1999 y I trim. 2012. El Cuadro 1 resume las variables utilizadas en el ejercicio.

Las siguientes consideraciones se deben tener en cuenta en la aplicación empírica. En primer lugar, en este trabajo se entiende por sector corporativo el universo de las empresas que están supervisadas por la Superintendencia de Sociedades, para las cuales se cuenta con información de sus estados financieros¹¹. Esta muestra es la mejor aproximación al sector empresarial en Colombia, no solo por la calidad de la información, sino también porque la cartera crediticia de estas empresas constituye cerca del 45% del crédito total al sector corporativo, por lo que se constituye como una muestra representativa. Adicionalmente, los desembolsos de préstamos locales no están disponibles antes

11 El tamaño del sector corporativo, por año, se reporta en el Cuadro A3.1 del Anexo 3. La muestra tiene 16.575 firmas en promedio por año.

de 2002, por tanto, se aproximan utilizando la tasa de crecimiento anual de la cartera, en moneda local, otorgada al sector corporativo. Por último, vale la pena señalar que los flujos de capital de deuda son anualizados y todas las variables en el ejercicio están expresadas en términos reales (precios de diciembre de 2011).

Cuadro 1
Variables clave del modelo

Variable	Modelo	Aplicación empírica
Fondos extranjeros	K_f	Flujos de capital extranjeros al sector corporativo (créditos de bancos extranjeros, crédito comercial de proveedores y préstamos en moneda extranjera intermediados por un banco local)
Crédito bancario	K_b	Crecimiento anual de la cartera comercial al sector corporativo (en moneda local)
Valor del activo de las firmas	A	Índice general de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC)
Margen de intereses ^{a/}	$\chi - \chi^*$	Diferencia entre la tasa de interés de crédito bancario en moneda local y la tasa de los fondos del extranjero
Proporción de firmas con acceso a fondos intermediados	$G(\bar{A}) - G(\underline{A})$	Porcentaje de firmas con financiamiento en moneda extranjera o con préstamos en moneda local, como porcentaje del total de firmas en la muestra.

a/ Las tasas son promedios ponderados por el monto de los créditos, la tasa de fondos extranjeros incluye las expectativas de devaluación implícitas en los contratos *forward*.

Fuentes: Banco de la República, Superintendencia Financiera de Colombia y Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores.

Por otra parte, como se mencionó en la introducción, uno de los principales aportes de este trabajo, en comparación con los que evalúan la relación entre los flujos de capital extranjero y el crédito, consiste en el uso de datos micro para aproximar la composición del financiamiento de las empresas. Por un lado, la información relativa a los préstamos del sistema financiero nacional se obtiene de una base de datos construida por la Superintendencia Financiera de Colombia, que contiene información de cada deudor de la cartera de créditos comerciales. Por su parte, la información sobre flujos de deuda externa está disponible por empresa en el Banco de la República. Ambos conjuntos de datos se cruzan con la información de balance de la Superintendencia de Sociedades, de donde se obtiene adicionalmente la emisión de bonos. Es importante destacar que los datos del balance son anuales, mientras que la otra información es de carácter trimestral, por lo que en este trabajo se supone que las partidas del balance se mantienen inalteradas durante el año¹². Con esta información es posible determinar la proporción de empresas con financiación.

Por último, la razón para solo incluir flujos de deuda externa para aproximar la variable de fondos extranjeros consiste en que el modelo teórico se basa en pasivos que

12 Las bases de datos se cruzaron en diciembre de cada año. Los datos de balance se suponen constantes durante los tres trimestres siguientes.

financian las decisiones de inversión local, y no en fondos que involucran algún tipo de participación en el capital de las empresas. Por ende, la inversión extranjera directa u otros tipos de capital social no están incluidos en la serie.

3.2 El modelo econométrico

Con el fin de cuantificar el efecto de un choque negativo en los flujos de deuda externa sobre las variables pertinentes relacionadas con el crédito, se estima un modelo de corrección de errores con variables exógenas (VECX, por su sigla en inglés) utilizando algunas *proxies* de las variables establecidas en el marco teórico descrito en el Cuadro 1. En particular, la decisión de incluir una variable exógena consiste en controlar por choques externos que podrían afectar la oferta local de crédito y, por tanto, se espera que al identificar variaciones en el grado de aversión al riesgo de los inversionistas, se cumpla dicho objetivo. Por ende, se incluye el índice VIX¹³ como variable exógena en el modelo empírico¹⁴.

El Anexo 4 contiene las pruebas de estacionariedad y de endogeneidad realizadas a las variables empleadas en el sistema, junto con pruebas de normalidad y de autocorrelación a los términos de error. El orden de los rezagos del modelo VECX fue elegido con el fin de garantizar el comportamiento “adecuado” de los residuales del modelo empírico¹⁵. El ordenamiento particular de las variables en el VECX para el análisis de impulso-respuesta se basa en la naturaleza endógena/exógena de las variables en el modelo teórico¹⁶.

La existencia de relaciones de largo plazo entre las variables del sistema se verifica con el enfoque propuesto por Johansen (1988). En el anexo mencionado se incluye el resultado del test de traza, que sugiere la existencia de no más de un vector de cointegración para el sistema (Cuadro A4.2). El modelo VECX estimado, que incluye un intercepto en la dinámica de corto plazo y variables determinísticas, se resume en el Cuadro 2 que también reporta el cálculo del vector de cointegración.

3.3 Resultados

Los ejercicios de estática comparativa que se realizaron en la sección 2 se basan en la premisa de que los cambios en los flujos de deuda externa podrían tener efectos tanto directos como indirectos. Con el fin de determinar la validez de los enunciados teóricos, el comportamiento de los flujos de capital y su efecto sobre algunas variables relacionadas

13 El índice de aversión al riesgo (VIX) se calcula utilizando una serie de opciones sobre el SyP 500. Alcanza cifras elevadas cuando hay alta volatilidad en los mercados.

14 Técnicamente, no se asume que el VIX es una variable exógena *a priori*. De hecho, la existencia del vector de cointegración se determina utilizando todas las variables y, en consecuencia, se llevan a cabo pruebas de exogeneidad, que permiten concluir que el tratamiento de la variable como exógena es apropiado. Estas pruebas se encuentran en el Cuadro A4.1, del Anexo 4.

15 Para asegurar que estos supuestos se cumplen, fue necesario incluir dos variables dicotómicas para corregir por algunas observaciones anormales.

16 El ordenamiento de acuerdo con la endogeneidad de las variables (de la más exógena a la más endógena) es el siguiente: los flujos de capital de la deuda externa, el crédito interno, el valor de los activos y la proporción de empresas con acceso a financiación.

con el crédito se analiza mediante las funciones de impulso-respuesta del modelo VECX. El Gráfico 2 presenta la reacción de las variables en el modelo después de un choque negativo sobre los flujos anuales de deuda¹⁷.

Cuadro 2
Modelo VECX estimado

Variables endógenas	K_f	K_b	IGBC	Margen	Prop	
Variables exógenas	VIX					
Variables determinísticas ^{a/}	CONST.	S1	S2	S3	D1	D2
Rezagos	4					
Rango muestral	[I trim. 2000 a I trim. 2012]		T = 49			
Vector de cointegración						
Coefficiente	K_f	K_b	IGBC	Margen	Prop	VIX
	1,00	-92,854	0,045	-509,650	28,09	1,44

a/ S1, S2, y S3 son *dummies* estacionales centradas variables. D1 y D2 son variables *dummy* que toman un valor de 1 en marzo de 2002 y junio de 2006, respectivamente

Fuente: cálculos de los autores.

En primer lugar, al analizar la relación entre los flujos de deuda externa y los préstamos al sector corporativo en moneda local, la función de impulso-respuesta muestra que no existe una relación de corto plazo significativa, pero sí una relación positiva de largo plazo (Gráfico 2, panel A). En los ejercicios de estática comparativa se mencionó que los efectos negativos directos de una crisis crediticia externa sobre las variables relacionadas con el crédito podrían reforzarse o mitigarse mediante otros canales indirectos, como el del crédito bancario. En este caso particular, a pesar de que el choque sobre los fondos extranjeros afecta la liquidez del mercado, el canal del crédito no parece ser muy fuerte, por lo menos en el corto plazo, dejando inalterada la capacidad de otorgamiento de crédito de los bancos locales. Esto último podría estar relacionado con las particularidades de la regulación colombiana, que prohíbe a los bancos locales tomar prestado en moneda extranjera para otorgar nuevos préstamos en moneda local¹⁸. En este sentido, los efectos de un canal del crédito inducido por una contracción en el crédito externo no necesariamente deberían ocurrir en el corto plazo, sino posteriormente, en la medida en que la reducción en la liquidez agregada del mercado drene recursos de los balances de las entidades bancarias, disminuyendo así su capacidad de prestar.

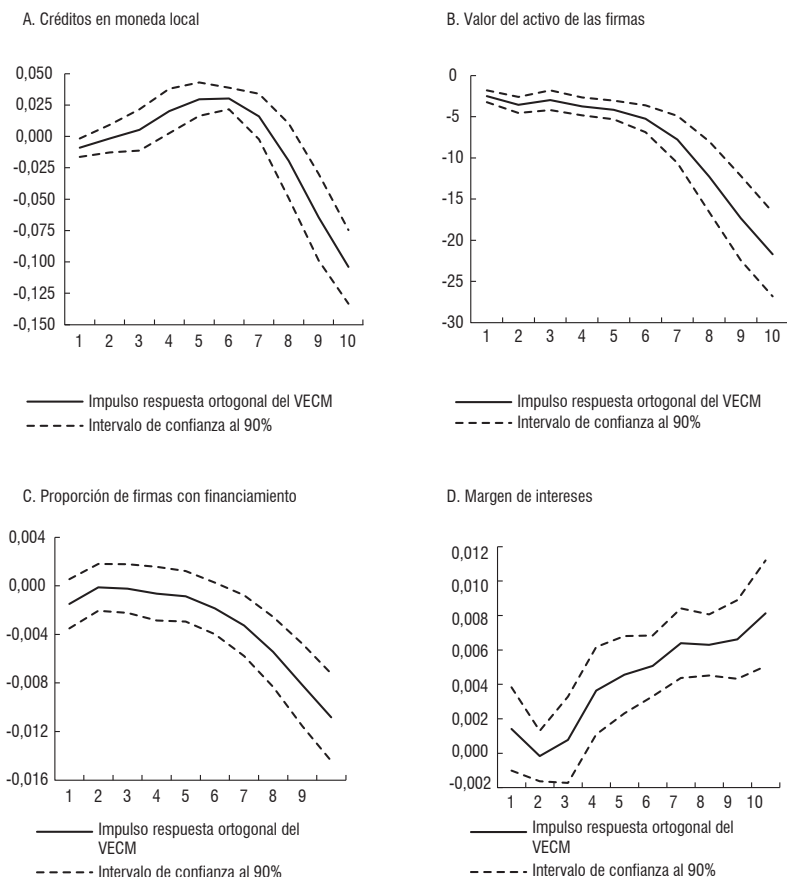
17 El choque se define utilizando la descomposición de Choleski y el ordenamiento de las variables endógenas, que se presenta en el Cuadro 2.

18 De acuerdo con la normativa nacional, los intermediarios están autorizados a utilizar recursos externos para: i) prestar en moneda extranjera a un vencimiento más corto, en comparación con la de los recursos obtenidos en el extranjero; ii) cobertura de derivados, o iii) operaciones cambiarias (Resolución 8 de 2000, Junta Directiva del Banco de la República).

Gráfico 2

Respuesta a innovaciones de una desviación estándar (Cholesky)^{a/}

(choque negativo a K_t)



a/ Intervalos de confianza construidos utilizando 5.000 simulaciones de Monte-Carlo.

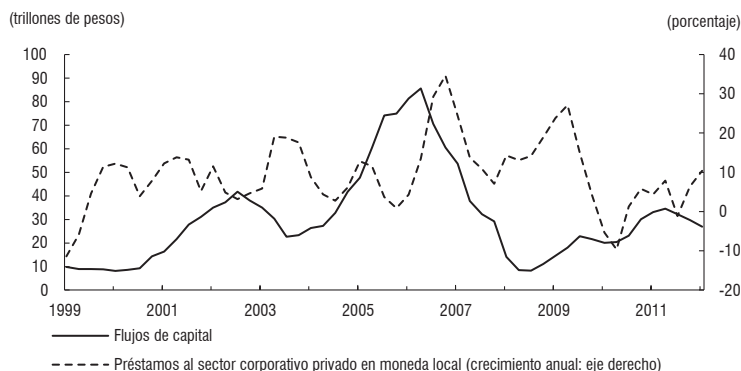
Fuentes: Banco de la República, Superintendencia Financiera de Colombia y Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores.

De acuerdo con esta intuición, se encuentra que la relación de largo plazo entre los flujos de deuda externa y el crédito interno es positiva, como lo evidencia el vector de cointegración estimado: una disminución de la liquidez en moneda extranjera debe tener un efecto negativo en la situación económica interna y el crédito local, tanto por el efecto negativo sobre las decisiones de inversión de las empresas (financiación local es más costosa), así como por una menor oferta de crédito bancario, como consecuencia de la menor liquidez del mercado. Como se puede observar en el Gráfico 3, ambos tipos de financiación parecen tener una relación positiva, sin embargo, no parecen tener un comportamiento

simultáneo: los flujos de capital anteceden la senda de los préstamos internos al sector corporativo.

Gráfico 3

Flujos de capital y préstamos al sector corporativo privado



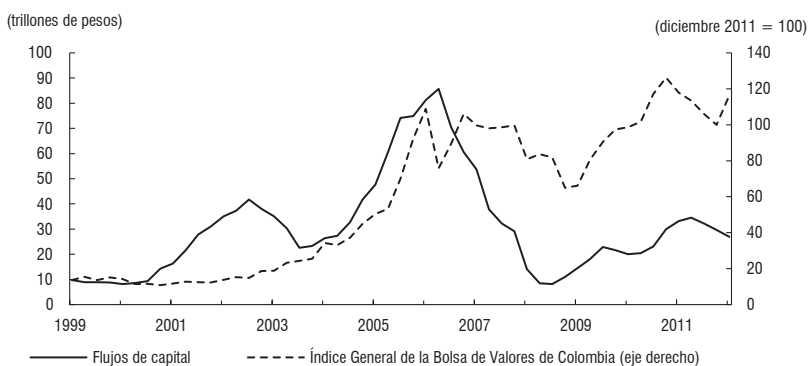
Fuentes: Banco de la República, Superintendencia Financiera de Colombia y Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores.

En contraste, la respuesta del valor de los activos de las empresas a los flujos de capital es positiva y significativa (Gráfico 2, panel B). Cuando hay un choque negativo sobre los flujos de deuda, la respuesta de los precios de los activos también es negativa, lo que es afín con lo que se observa por lo general en el mercado de valores de Colombia (Gráfico 4). Es difícil afirmar que los recursos extranjeros van directamente hacia la financiación de inversiones en el mercado de valores, no obstante, un entorno mundial negativo, con menos fondos disponibles para la financiación de proyectos, podría ser parte de la explicación. Resulta interesante la alta correlación entre estas dos variables, la cual podría estar implicando que el efecto adverso que se genera por una contracción crediticia externa sería reforzado por el llamado canal de hoja de balance, en el sentido de que una disminución en el valor del activo, causada por la caída en los flujos de deuda, puede amenazar la capacidad de financiación de las empresas, debido al deterioro de la garantía real. Esto es particularmente interesante al analizar la respuesta de la proporción de empresas con acceso a la financiación tras un choque negativo en los flujos de deuda externa, lo cual se examina a continuación.

De acuerdo con el modelo teórico, otro de los efectos de una reducción del financiamiento externo es el aumento en los límites sobre los cuales las firmas pueden acceder a crédito, lo que reduce la proporción de empresas con acceso a la financiación (local y extranjera). Esta afirmación se valida empíricamente, ya que un choque negativo en los flujos de capital conlleva a un menor porcentaje de empresas con acceso a financiamiento intermediado (Gráfico 2, panel C). Se puede intuir que las empresas que piden prestado al extranjero pierden su acceso a estos mercados, haciendo que la proporción disminuya. Sin embargo, si estas empresas son capaces de sustituir financiamiento externo por cré-

dito interno, la proporción global de empresas con recursos intermediados no debería modificarse. Dado que este no es el caso, debe ser que el choque externo hace que algunas empresas pierdan su acceso al mercado de crédito.

Gráfico 4
Flujos de capital y valor del activo de las firmas

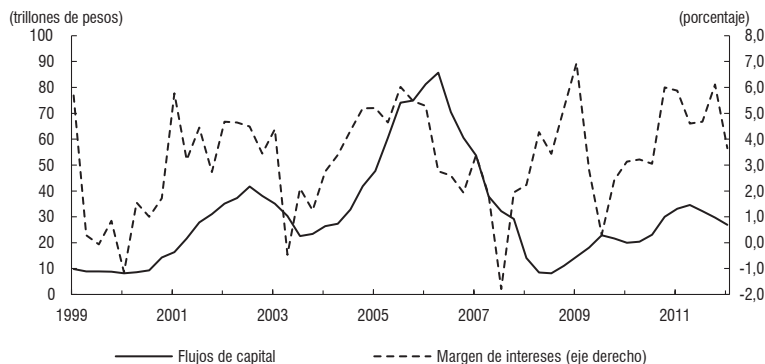


Fuentes: Banco de la República, Superintendencia Financiera de Colombia y Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores.

Por último, de los resultados de las funciones de impulso-respuesta se tiene que la relación entre los flujos de capital y el margen de intereses no es estadísticamente significativa en el corto plazo y negativa en el mediano y largo plazos. Cuando hay una reducción en los flujos de deuda, el modelo teórico predice un aumento de la tasa externa, ya que existen menos fondos disponibles para prestar. Si el crédito bancario interno no cambia, la tasa local disminuirá (la misma cantidad se presta a menos empresas), lo que amplifica el efecto inicial sobre el margen. Sin embargo, este resultado no se valida empíricamente. Esto último podría deberse a dos factores. Por un lado, la proporción de empresas con financiación no se modifica en el corto plazo, y por otro, las tasas locales pueden estar aumentando en el mercado local como resultado de acciones de política exógenas, encaminadas a controlar el efecto del choque al capital sobre los flujos.

El efecto a largo plazo, sin embargo, parece ser consistente con la relación a largo plazo encontrada entre el crédito interno y los fondos extranjeros: en el mediano plazo, la tasa interna debería aumentar como respuesta a la reducción de los fondos prestables, tras la caída en la liquidez global en el mercado, aumentando así el margen de interés. El incremento en el costo relativo de los fondos locales debería tener un impacto negativo sobre la cantidad demandada por las empresas que piden prestado internamente. Las dos variables, flujos de capital y el margen de intereses, se muestran en el Gráfico 5.

Gráfico 5
Flujos de capital y margen de intereses



Fuentes: Banco de la República, Superintendencia Financiera de Colombia y Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores.

4. COMENTARIOS FINALES

El objetivo principal de este trabajo es el de estudiar el posible impacto de un choque sobre los flujos de capital extranjeros en la estructura de deuda de las empresas y otras variables relacionadas con el crédito. Para ello, se desarrolló una versión ampliada del modelo de Holmström y Tirole (1997) con el propósito de incluir un nuevo inversionista (acreedores extranjeros), que junto con las entidades locales nacionales, financian proyectos de inversión internos. El modelo teórico permite explorar, individualmente, los diferentes canales por los cuales los choques a los flujos de capital pueden afectar las variables económicas relacionadas con el crédito interno. La predicción teórica principal de este modelo es que una contracción del crédito externo afecta tanto el financiamiento intermediado agregado, como la proporción de empresas con acceso a recursos. Esto implica que las empresas menos capitalizadas perderían acceso a los mercados de crédito, y los fondos de financiamiento se concentrarían en las empresas de mayor valor y, por consiguiente, algunas empresas que se financiaban exclusivamente en mercados de capital extranjeros también buscarán recursos de parte de intermediarios locales.

Comprobar las predicciones del modelo teórico para la economía colombiana es de particular interés, puesto que los posibles efectos que los flujos de capital extranjero tienen sobre el crédito interno, han sido objeto de debate por parte de los hacedores de política en las últimas décadas, en gran parte debido a la relación observada entre las dos variables a lo largo del ciclo económico. En este trabajo se estima un modelo VECX para validar empíricamente las relaciones propuestas entre las variables relevantes. Cuando se produce un choque negativo sobre los fondos de deuda extranjeros, en concordancia con las predicciones del marco teórico, la proporción de empresas con acceso a financiación disminuye. Por su parte, la relación de largo plazo estimada entre las variables del modelo indica que los flujos de capital y el crecimiento del crédito interno se relacionan positivamente, como usualmente se encuentra en la literatura empírica.

El efecto sobre el valor de los activos de la firma también es interesante, ya que parece reforzar la existencia de un canal de hoja de balance relacionado con los flujos de deuda externa. La relación positiva encontrada entre los flujos de capital y los precios de los activos enfatiza la fuerte correlación que se observa entre estas variables. Aunque parece difícil afirmar que los recursos extranjeros van directamente hacia la financiación de inversiones en el mercado de valores, un entorno mundial negativo, acompañado de una menor liquidez, sí parece afectar negativamente los precios en este mercado.

Las contribuciones de este trabajo están relacionadas con diferentes temas. En primer lugar, se propone una versión modificada de un trabajo seminal sobre intermediación financiera, en la que se busca considerar un entorno de economía abierta en un modelo de agente-principal. Esta versión permite identificar los posibles canales mediante los cuales los flujos de deuda externa afectan las variables relacionadas con el crédito, lo que proporciona un fundamento micro al ejercicio empírico que se realiza en el nivel macro. En segundo lugar, se construyó y utilizó un conjunto extenso de datos con el fin de evaluar cómo los choques sobre los flujos de endeudamiento extranjero pueden cambiar la estructura de deuda total de las empresas en el sector corporativo colombiano y, en particular, cómo la proporción de empresas con acceso a la financiación varía a lo largo del tiempo. En tercer lugar, la aplicación empírica del modelo teórico utilizando datos para Colombia, la cual permite evaluar las relaciones entre las variables relevantes del modelo, junto con el (los) canal(es) específico(s) que podría explicar dichas relaciones.

Las implicaciones de política económica de los resultados también son diversas. Las discusiones acerca de la efectividad y los efectos potenciales de medidas regulatorias, tales como la imposición de controles de capital, están siempre en el centro de diferentes debates. El mensaje que surge de este trabajo es que las medidas que afectan los flujos de deuda externa en la economía pueden afectar potencialmente las variables internas del mercado de crédito. Los resultados indican que los controles que limitan la posibilidad a los bancos nacionales de endeudarse en el extranjero para fondear los préstamos en moneda local parecen ser eficaces en el corto plazo, dada la ausencia de un canal de crédito asociado con los flujos de deuda externa. Esto último es positivo si se tiene en cuenta que este era uno de los objetivos principales de dicha regulación. Sin embargo, como se muestra, la relación de largo plazo entre los flujos de capital y el crédito se mantiene, en el sentido de que flujos de deuda más bajos eventualmente generan efectos adversos sobre la economía, posiblemente disminuyendo el bienestar de la economía en su conjunto.

Finalmente, una extensión natural del enfoque desarrollado en este trabajo sería la de explotar aún más los microdatos disponibles, con técnicas de datos de panel, para evaluar qué tipo de choque puede afectar la oferta de crédito de los bancos locales y cómo, a su vez, esta afecta las decisiones de financiación e inversión de las empresas nacionales. Esto constituiría un complemento ideal para el ejercicio macroeconómico explorado en el presente documento.

REFERENCIAS

- Adam, K.; Kuang, P.; Marcet, A. (2011). “House Price Booms and the Current Account”, working paper, núm. 17224, *National Bureau of Economic Research*, julio.

- Aizenman, J.; Jinjarak, Y. (2009). "Current Account Patterns and National Real Estate Markets", *Journal of Urban Economics*, vol. 66, núm. 2, pp. 75-89, septiembre, Elsevier.
- Amiti, M.; Weinstein, D. (2013), "How Much Do Bank Shocks Affect Investment? Evidence from Matched Bank-firm Loan Data", working paper, núm. 18890, *National Bureau of Economic Research*, marzo.
- Aoki, K.; Benigno, G.; Kiyotaki, N. (2009). "Capital Flows and Asset Prices", CEP discussion papers, núm. 0921, Centre for Economic Performance, LSE.
- Banco de la República (2002). *Financial Stability Report*, diciembre.
- Banco de la República (2007). *Financial Stability Report*, marzo.
- Bengoa, M.; Sánchez-Robles, B. (2003). "Foreign Direct Investment, Economic Freedom and Growth: New Evidence from Latin America", *European Journal of Political Economy*, vol. 19, issue 3, pp. 529-545, septiembre.
- Bernanke, B. S.; Gertler, M. (1995). "Inside the Black Box: The Credit Channel of Monetary Policy Transmission." *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, núm. 4, pp. 27-48.
- Bofondi, M.; Carpinelli, L.; Sette, E. (2013) "Credit Supply During a Sovereign Debt Crisis", *Temi di Discussione*, núm. 909, Banca d'Italia.
- Bruno, V.; Shin, H. S. (2012). "Capital Flows, Cross-Border Banking and Global Liquidity" (mimeo), Princeton University.
- Calomiris, C. (2009). "The Subprime Turmoil: What's Old, What's New, And What's Next", presentado en la Benjamin A. Rogge Memorial Lecture, Wabash College, 31 de marzo.
- Carrasquilla, A.; Galindo, A.; Vásquez, D. (2000). "El gran apretón crediticio en Colombia: una interpretación", *Coyuntura Económica*, vol. 30, pp. 107-115, Fedesarrollo.
- Cetorelli, N.; Goldberg, L. (2011). "Global Banks and International Shock Transmission: Evidence from the Crisis", *Economic Review*, vol. 59, núm. 1, pp. 47-76, FMI.
- Cheung, Y. W.; Lai, K. S. (1993). "Finite-Sample Sizes of Johansen's Likelihood Ratio Test for Co integration", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 55, núm. 3, pp. 313-328.
- Chinn, M.; Dooley, M. P. (1997). "Financial Repression and Capital Mobility: Why Capital Flows and Covered Interest Rate Differentials Fail to Measure Capital Market Integration", *Monetary and Economic Studies*, vol. 15, núm. 2, pp. 81-103, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan, diciembre.
- Choong, C. K.; Baharumshah, A.; Yusop, Z.; Habibullah, M. (2010). "Private Capital Flows, Stock Market and Economic Growth in Developed and Developing Countries: A Comparative Analysis", *Japan and the World Economy*, vol. 22, issue 2, pp. 107-117, marzo.
- Concha, A.; Galindo, A.; Vásquez, D. (2011). "An Assessment of Another Decade of Capital Controls in Colombia: 1998-2008", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 51, Issue 4, pp. 319-338, noviembre.
- Correa, R.; Sapriz, H.; Zlate, A. (2012), "Liquidity Shocks, Dollar Funding Costs, and the Bank Lending Channel During the European Sovereign Crisis", *International Finance Discussion Papers*, núm. 1059.

- Doornick, J. A.; Hansen, H. (1994). "An Omnibus Test for Univariate and Multivariate Normality", working paper, Nuffield College, Oxford.
- Edwards, S.; Vegh, C. A. (1997). "Banks and Macroeconomic Disturbances under Predetermined Exchange Rates", *Journal of Monetary Economics*, vol. 40, núm. 2, pp. 239-278, octubre, Elsevier.
- Favilukis, J. (2011). "International Capital Flows and House Prices: Theory and Evidence", en Glaeser, E. y Sinai, T. (eds.), *Housing and the Financial Crisis*, National Bureau of Economic Research.
- Gavin, M.; Hausmann, R.; Leiderman, L. (1995). "The Macroeconomics of Capital Flows to Latin America: Experience and Policy Issues", working paper, núm. 310, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Gertler, M.; Gilchrist, S. (1994). "Monetary Policy, Business Cycles, and the Behavior of Small Manufacturing Firms", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 109, núm. 2, pp. 309-340, mayo.
- Ghironi, F.; Melitz, M. (2005). "International Trade and Macroeconomic Dynamics with Heterogeneous Firms", *The Quarterly Journal of Economics*, núm. 120, pp. 381-411.
- Holmström, B.; Tirole, J. (1997). "Financial Intermediation, Loanable Funds, and the Real Sector", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 112, núm. 3, pp. 663-691, agosto.
- Johansen, S. (1988). "Statistical Analysis of Cointegration Vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 12, núm. 2-3, pp. 231-254.
- Jorda, O.; Schularick, M.; Taylor, A. M. (2011). "When Credit Bites Back: Leverage, Business Cycles, and Crises", working paper series, núm. 27, Federal Reserve Bank of San Francisco.
- Kalemli-Ozcan, S.; Papaioannou, E.; Perri, F. (2013). "Global Banks and Crisis Transmission", *Journal of International Economics*, vol. 89, núm. 2, pp. 495-510.
- Khwaja, A.; Mian, A. (2008). "Tracing the Impact of Bank Liquidity Shocks", *American Economic Review*, vol. 98, núm. 4, pp. 1413-1442.
- King, R.; Levine, R. (1993). "Finance, Entrepreneurship, and Growth: Theory and Evidence", *Journal of Monetary Economics*, núm. 32, pp. 513-542.
- Kiyotaki, N.; Moore, J. (1997). "Credit Cycles", *Journal of Political Economy*, vol. 105, núm. 2, pp. 211-248.
- Kohli, R. (2003). "Capital Flows and Domestic Financial Sector in India", *Economic and Political Weekly*, 22 de febrero.
- Kollman, R. (2013). "Global Banks, Financial Shocks and International Business Cycles: Evidence from an Estimated Model", *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 45, núm. 2, pp. 159-195.
- Lane, P. R.; McQuade, P. (2012). "Domestic Credit Growth and International Capital Flows", working paper series, núm. 1566, Banco Central Europeo.
- Levine, R.; Loayza, N.; Beck, T. (2000). "Financial Intermediation and Growth: Causality and Causes", *Journal of Monetary Economics*, núm. 46, pp. 31-77.
- Mendoza, E. (2010). "Sudden Stops, Financial Crises, and Leverage", *American Economic Review*, núm. 100, pp. 1941-1966.

- Modigliani, F.; Miller, M. (1958). "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", *American Economic Review*, vol. 48, núm. 3, pp. 261-297.
- Olaberria, E. (2012). "Capital Inflows and Booms in Assets Prices: Evidence from a Panel of Countries", working papers, núm. 675, Banco Central de Chile.
- Ongena, S., Peydró J. L.; Van Horen, N. (2013). "Shocks Abroad, Pain at Home? Bank-Firm Level Evidence on Financial Contagion during the Recent Financial Crisis" (mimeo), marzo.
- Reinhart, C.; Calvo, G. (2000). "When Capital Inflows Come to a Sudden Stop: Consequences and Policy Options", MPRA Paper, núm. 6982, University Library of Munich, Germany.
- Russ, K. N.; Valderrama, D. (2009). "A Theory of Banks, Bonds, and the Distribution of Firm Sizes", working paper, núm. 15454, *National Bureau of Economic Research*, octubre.
- Schnabl, P. (2012). "The International Transmission of Bank Liquidity Shocks: Evidence from an Emerging Market", *Journal of Finance*, vol. 67, núm. 3, pp. 897-932.
- Shen, C. H.; Lee, C. C.; Lee, C. C. (2010). "What Makes International Capital Flows Promote Economic Growth? An international cross-country analysis", *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 57, issue 5, pp. 515-546.
- Tenjo, F.; López, E. (2002). "Burbuja y estancamiento del crédito en Colombia", *Borradores de Economía*, núm. 215, Banco de la República de Colombia.
- Villar, L.; Salamanca, D. (2005). "Un modelo teórico sobre crédito, represión financiera, y flujos de capital", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. núm. 48, Banco de la República.
- Villar, L.; Salamanca, D.; Murcia, A. (2005). "Crédito, represión financiera y flujos de capitales en Colombia: 1974-2003", *Revista Desarrollo y Sociedad*, Universidad de los Andes-CEDE.

ANEXO 1

EL MODELO DE REFERENCIA

En este apartado se presenta una versión estándar de Holmström y Tirole (1997). Este es un modelo de riesgo moral con intermediación financiera, donde existen tres periodos en la economía ($t = 0, 1, 2$) y tres agentes: los empresarios, los bancos (monitores) y los inversionistas (no informados). A continuación se presenta cada uno de estos agentes y se realiza una descripción de sus acciones dentro del modelo. Se asume que la tasa de interés de la economía es exógena.

A1.1 Los empresarios

Se considera un conjunto de empresarios neutrales al riesgo que ejecutan un proyecto de inversión. Estos agentes son heterogéneos en el sentido de que difieren en su nivel de capital, el cual está representado por A . Estos agentes están dispuestos a invertir ese nivel de capital en un proyecto de tamaño I , donde $I > A$. El monto total de recursos que necesitan pedir prestado a los inversionistas no informados se representa por $I - A$.

La distribución acumulada del capital está representado por $G(A)$. Se asume que un cambio en el nivel general de capital se representa por el parámetro θ , tal que $G(A|\theta)$.

Como se explicará, existen dos formas de financiar el proyecto de inversión. Los empresarios deciden comportarse bien o mal en el momento $t = 1$, lo que determina el nivel de esfuerzo empleado en el proyecto. Cuando los empresarios se comportan bien, el proyecto goza de una mayor probabilidad de éxito p_H . Por el contrario, cuando los empresarios se comportan mal, la probabilidad de éxito es p_L (con $p_H > p_L$) y obtienen un beneficio privado de b o B , que está condicionado a la presencia de monitoreo. Δp es definido como $p_H - p_L$.

A1.2 Los inversionistas

Los inversionistas no informados son también neutrales al riesgo y pequeños individualmente, por lo cual no pueden monitorear el proyecto de manera directa. Estos agentes demandan una tasa de γ (su costo de oportunidad) de la cantidad invertida en el proyecto (I_i).

A1.3 Los bancos

En esta economía hay varios bancos pequeños que también son neutrales al riesgo. Participan en el proyecto, ya sea como monitores/financiadores o pueden imitar a los inversionistas desinformados. En el primer caso, incurren en un costo denotado por c en $t = 1$. Esta actividad permite reducir el beneficio privado de los empresarios de B a b . Como monitores, poseen un nivel de capital K_b y exigen una tasa de retorno χ de su inversión I_b . Alternativamente, estos agentes pueden participar en el mercado como inversionistas no

informados, lo que implicaría que no incurrieran en costos y asegurarían una tasa de rendimiento de γ por su inversión.

A1.4 El proyecto

El proyecto requiere una inversión inicial de I en $t = 0$. Los dos únicos resultados posibles de este proyecto son R si el proyecto tiene éxito y 0 en caso contrario. El resultado total del proyecto es compartido entre los tres agentes de la economía, como se establece en la ecuación (A1.1):

$$R = R_i + R_e + R_b \quad (\text{A1.1})$$

donde los subíndices representan los inversionistas desinformados (i), empresarios (e) y los bancos (b).

La diferencia entre el monto total del proyecto y el capital del empresario tiene que ser financiada externamente por los bancos y/o por los inversionistas no informados.

En caso de ser financiado el proyecto, este genera un valor presente neto positivo ($VPN > 0$) únicamente en el caso en que los empresarios se comportan bien. Esto está representado por la siguiente condición:

$$p_H R - \gamma I > 0 > |p_H R - \gamma I| + B \quad (\text{A1.2})$$

La condición anterior establece que el retorno esperado del proyecto es mayor que su costo de oportunidad cuando el empresario se comporta bien; en consecuencia, solo los proyectos en los que se incurre en esfuerzo son socialmente deseables.

A1.4.1 Financiamiento directo

Se presenta inicialmente el caso en que el empresario es (potencialmente) financiado por inversionistas. Más adelante se introducen los intermediarios financieros como una alternativa de financiamiento para el proyecto de inversión.

En este caso, la regla de repartición se divide entre inversionistas y empresarios, como se muestra en la ecuación A1.3:

$$R = R_i + R_e \quad (\text{A1.3})$$

La condición de incentivos, por su parte, garantiza el buen comportamiento de los empresarios, lo que genera un mayor esfuerzo y, por tanto, una mayor probabilidad de éxito del proyecto.

$$\begin{aligned} p_H R &\geq p_L R_e + B \\ R_e &\geq B / \Delta p \end{aligned} \quad (\text{A1.4})$$

Desde la perspectiva de los inversionistas no informados, el proyecto será financiado si el resultado esperado (de invertir en el proyecto) es superior a su costo de oportunidad:

$$\begin{aligned} p_H R_i &\geq \gamma (I - A) \\ I_i &\geq p_H R_i / \gamma \end{aligned} \quad (\text{A1.5})$$

El empresario solo puede obtener financiamiento directo si tiene suficiente capital (es decir, $A + I_i \geq I$). De la combinación de las ecuaciones (A1.3), (A1.4) y (A1.5), es posible obtener el nivel de capital mínimo ($\bar{A}$) exigido por los inversionistas no informados con el fin de financiar el proyecto. Esta condición es presentada en la ecuación A1.6

$$A \geq \bar{A}(\gamma) \equiv I - \frac{p_H}{\gamma} \left[R - \frac{B}{\Delta p} \right] \quad (\text{A1.6})$$

A1.4.2 Financiamiento intermediado

Se considera ahora el caso en el que otros agentes (p. e. bancos) financian el proyecto de inversión. El monto total a financiar, $I - A$, es aportado conjuntamente por los bancos (I_b) e inversores desinformados (I_i):

$$I - A = I_i + I_b \quad (\text{A1.7})$$

En este caso, la regla de repartición se divide ahora entre los tres agentes:

$$R = R_i + R_b + R_e \quad (\text{A1.8})$$

La tasa de retorno exigida por los bancos y los inversionistas no informados está dada por el resultado esperado del proyecto como un porcentaje de la inversión inicial (ecuaciones A1.9 y A1.10):

$$\chi = \frac{p_H R_b}{I_b} \quad (\text{A1.9})$$

$$\gamma = \frac{p_H R_i}{I_i} \quad (\text{A1.10})$$

Dado que los bancos ejercen una labor de monitoreo, lo que genera unos mayores costos en comparación con los que incurren los inversionistas no informados, es natural esperar que $\chi > \gamma$. Además, dado que los bancos podrían actuar como inversionistas (y obtener una tasa de retorno), sin incurrir en un costo de monitoreo, la remuneración de los bancos debería ser más mayor en equilibrio. Como consecuencia, la siguiente condición debe satisfacerse:

$$\begin{aligned} \chi I_b - c &\geq \gamma I_b \\ \chi - \gamma &\geq \frac{c}{I_b} \end{aligned} \quad (\text{A1.11})$$

Por tanto, cuando se introducen los bancos como monitores, dos condiciones deben cumplirse, con el fin de justificar la actividad de seguimiento:

$$p_H R_e < p_L R_e + B \quad (\text{A1.12})$$

$$p_H R_e \geq p_L R_e + b \quad (\text{A1.13})$$

Obsérvese que la ecuación A1.13 implica que:

$$p_H (R - R_i - R_b) \geq p_L (R - R_i - R_b) + b$$

$$R_i + R_b \leq R - \frac{c}{\Delta p}$$

o de forma equivalente :

$$R_e \geq \frac{b}{\Delta p} \quad (\text{A1.14})$$

La restricción de compatibilidad de incentivos para el banco está dada por la siguiente expresión, que compara el resultado esperado del proyecto con monitoreo frente al resultado obtenido sin realizar dicha actividad:

$$p_H R_b - c \geq p_L R_b$$

$$R_b \geq \frac{c}{\Delta p} \quad (\text{A1.15})$$

Usando A1.9 y A1.15 se obtiene la cantidad mínima que los bancos invertirán en el proyecto (I_b)¹⁹:

$$I_b = I_b(\chi) \equiv \frac{p_H R_b}{\chi} \quad (\text{A1.16})$$

El monto restante por financiar se obtiene de los inversionistas no informados. Utilizando la ecuación A1.10 y A1.15 se obtiene que:

$$I_i \leq \frac{p_H}{\gamma} \left[R - \frac{b+c}{\Delta p} \right] \quad (\text{A1.17})$$

La ecuación A1.17 implica que el valor presente neto del proyecto para el inversionista no informado debe ser superior a su inversión inicial. En otras palabras, desde el

19 Uno de ellos es interesado en el mínimo, ya que los empresarios van a utilizar la menor cantidad posible de fondos del banco para financiar su proyecto. La razón es simple: estos fondos son más caros que los que se obtienen de los inversores desinformados.

punto de vista del inversionista, la condición de financiamiento debe satisfacerse. Esta puede expresarse como:

$$\frac{p_H}{\gamma} \left[R - \frac{b+c}{\Delta p} \right] \geq I - A - I_b(\chi) \quad (\text{A1.18})$$

De A1.18 se obtiene el nivel mínimo de las firmas con capital $\underline{A}$, requerido por los bancos para financiar el proyecto:

$$A \geq \underline{A}(\gamma, \chi) \equiv I - I_b(\chi) - \left[\frac{p_H[R - (b+c)] / \Delta p}{\gamma} \right] \quad (\text{A1.19})$$

Es posible observar que $\underline{A}$ aumenta en función de b , c , γ y χ , y decrece en función de Δp , p_H y R . La existencia de financiación con los bancos se justifica si $\underline{A} < \bar{A}$. De ello se desprende que si $\chi > \gamma$ y el costo de monitoreo c es lo suficientemente pequeño, esta condición se cumple.

Teniendo en cuenta estos elementos, se pueden definir tres diferentes regiones, dependiendo de las posibilidades de financiamiento de las empresas:

- La región en la que $A \geq \bar{A}$: el proyecto es financiado directamente por los inversionistas no informados.
- La región donde $A \in [\underline{A}, \bar{A}]$: el proyecto se financia adicionalmente por los bancos.
- La región en la que $A < \underline{A}$: el proyecto no está financiado externamente, la empresa no puede invertir.

Desde el punto de vista de los empresarios, estos preferirán financiar el proyecto externamente en lugar de invertir en otras alternativas en el mercado. Esta condición es equivalente a la siguiente expresión:

$$\frac{p_H R - (\chi - \gamma) p_H c / \Delta p \chi}{\gamma} \geq I \quad (\text{A1.20})$$

Se supone igualmente que los bancos financian el proyecto con su propio capital, lo que establece la siguiente condición:

$$K_m \geq [G(\bar{A}(\gamma)) - G(\underline{A}(\gamma, \chi))] I_b(\chi) \quad (\text{A1.21})$$

Cuando la tasa de interés es endógena, la oferta de ahorro, la cual depende de la tasa de interés, debería financiar la inversión total de acuerdo con la siguiente expresión:

$$S(\gamma) = \int_{\bar{A}(\gamma)}^{\infty} (I - A) dG(A) + \int_{\underline{A}(\gamma, \chi)}^{\bar{A}(\gamma)} (I - I_m(\chi) - A) dG(A) - \int_0^{\underline{A}(\gamma, \chi)} A dG(A) \quad (\text{A1.22})$$

ANEXO 2**JERARQUÍA DE LA ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO**

La utilidad del empresario es definida como el valor presente neto del proyecto de inversión. En otras palabras, el empresario obtiene el retorno esperado del proyecto descontado a la tasa de mercado y restando el costo de oportunidad del proyecto, de tal manera que:

$$\begin{aligned}
 U_e &\equiv \frac{p_H R_e}{\gamma} - A \\
 &\equiv \frac{p_H (R - R_i)}{\gamma} - A \\
 &\equiv \frac{p_H R}{\gamma} - \frac{p_H R_i}{\gamma} - A \\
 &\equiv \frac{p_H R}{\gamma} - I
 \end{aligned}$$

Esto último implica que la utilidad del empresario depende del VPN del proyecto de inversión. Si el VPN es positivo, entonces el empresario siempre preferirá invertir en el proyecto y no en otras empresas en el mercado (a cambio de γ).

A partir de esta definición de utilidad, es claro ver que se puede obtener una condición similar para el caso cuando la firma demanda financiamiento de un monitor externo y/o un monitor local. En el primero, la utilidad de la firma se puede expresar como:

$$\begin{aligned}
 U_e^f &\equiv \frac{p_H (R - R_i - R_f)}{\gamma} - A \\
 &\equiv \frac{p_H R - \gamma I_i - \chi^* I_f(\chi^*)}{\gamma} - A \\
 &\equiv \frac{p_H R - (\chi^* - \gamma) I_f(\chi^*)}{\gamma} - I \\
 &\equiv \frac{p_H R - (\chi^* - \gamma) p_H c^* / \Delta p \chi^*}{\gamma} - I
 \end{aligned}$$

En este caso, un VPN positivo implica que la empresa preferirá tener un monitor externo y recibir fondos en lugar de invertir en otras empresas:

En el caso de que también se emplea un monitor local (es decir, un banco), la condición está dada por:

$$\begin{aligned}
 U_e^{f,b} &\equiv \frac{p_H(R - R_i - R_f - R_b)}{\gamma} - A \\
 &\equiv \frac{p_H R - \gamma I_i - \chi^* I_f(\chi^*) - \chi I_b(\chi)}{\gamma} - A \\
 &\equiv \frac{p_H R - (\chi^* - \gamma) I_f(\chi^*) - (\chi - \gamma) I_b(\chi)}{\gamma} - I \\
 &\equiv \frac{p_H R - (\chi^* - \gamma) p_H c^* / \Delta p \chi^* - (\chi - \gamma) p_H c / \Delta p \chi}{\gamma} - I
 \end{aligned}$$

En este caso, un VPN positivo implica que la empresa preferirá obtener financiamiento mediante un monitor externo o interno en lugar de invertir en otras alternativas en el mercado.

Por otra parte, se puede comprobar fácilmente que si $\chi > \chi^* > \gamma$, entonces siempre es cierto que:

$$U_e > U_e^f > U_e^{f,b}$$

Lo que implica que las empresas siempre prefieren préstamos directos a financiamiento intermediado.

Adicionalmente, en este modelo existe una jerarquía en la obtención de recursos. Los empresarios, para financiar un proyecto de inversión, preferirían, en su orden: i) financiar el proyecto ellos mismos; ii) adquirir fondos de inversionistas no informados; iii) involucrar a inversionistas extranjeros, y iv) pedir prestado a los bancos locales. Esta jerarquía establece que cuando los empresarios se enfrentan a la decisión de pedir prestado a un agente que realiza monitoreo, los empresarios preferirán los inversores extranjeros a los bancos locales. Esta afirmación se desprende del hecho de que, si se requiere pedir prestado un monto M desde el mercado de fondos intermediados, se mantiene el siguiente resultado:

$$\begin{aligned}
 U_e^f &> U_e^b \\
 \frac{p_H R - (\chi^* - \gamma) M}{\gamma} - I &> \frac{p_H R - (\chi - \gamma) M}{\gamma} - I \\
 (\chi - \gamma) &> (\chi^* - \gamma)
 \end{aligned}$$

La condición es equivalente a decir que: $\chi > \chi^*$ lo cual se cumple en todos los casos.

ANEXO 3

ESTADÍSTICAS DE LAS EMPRESAS

Cuadro A3.1

Número de firmas por año

Año	Firmas
1999	9.205
2000	10.157
2001	9.576
2002	8.927
2003	8.931
2004	10.537
2005	19.027
2006	22.787
2007	20.929
2008	21.544
2009	23.893
2010	23.860
2011	26.101

Fuentes: Superintendencia Financiera de Colombia y Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores.

ANEXO 4

PRUEBAS ESTADÍSTICAS DEL MODELO EMPÍRICO

En este apartado se presentan las pruebas estadísticas del modelo VECX.

El Cuadro A4.1 presenta las pruebas de exogeneidad débil, de exclusión y de estacionariedad de las series incluidas en el sistema. El objetivo de la primera prueba consiste en verificar si cada variable puede ser tratada como endógena en el sistema. Por su parte, la segunda prueba tiene como objeto comprobar si cada variable pertenece, en efecto, al vector de cointegración. Ambas pruebas se construyen utilizando una razón de verosimilitud que sigue una distribución χ^2 con r grados de libertad, donde r corresponde al número de vectores de cointegración en el sistema.

Cuadro A4.1

Pruebas estadísticas de las propiedades de series de tiempo de las variables individuales

Variables	Exogeneidad débil	Exclusión	Estacionariedad
	Distribución: χ^2 (1)	Distribución: χ^2 (1)	Distribución: χ^2 (5)
	Valor crítico: 2,71	Valor crítico: 2,71	Valor crítico: 9,24
	$\alpha = 10\%$	$\alpha = 10\%$	$\alpha = 10\%$
K_f	42,32	68,51	88,21
K_b	17,68	46,24	90,17
IGBC	7,80	3,35	118,32
Margen	0,01	27,71	103,58
Prop	0,71	2,88	112,86
VIX	1,70	56,42	106,24

Fuente: cálculos de los autores.

En el primer caso, la prueba de endogeneidad sugiere que K_b , K_f y el IGBC son variables endógenas en el sistema, mientras que el *spread*, *prop* y *VIX* pueden ser potencialmente tratadas como variables exógenas. No obstante, como se menciona en el documento, el objetivo de este trabajo es evaluar empíricamente tanto el efecto de los flujos de deuda en los precios de los activos, como el efecto sobre las variables relacionadas con el crédito cuando los diferentes canales de transmisión están actuando. Por esta razón, se decidió tratar todas las variables del sistema, con la excepción del VIX, como endógenas. En concreto, *prop* es considerada como una variable endógena, ya que las principales predicciones del modelo teórico son con respecto a los efectos sobre el acceso del sector privado al crédito en respuesta a la reducción de capital o el valor de los activos. Por otra parte, la prueba de exclusión sugiere que todas las variables utilizadas pertenecen, en efecto, a la relación de cointegración estimada.

Por último, las pruebas de estacionariedad sugieren que todas las variables en el sistema son I (1). Esta prueba también se construye con base en razones de verosimilitud que

siguen una distribución χ^2 con $p - r$ grados de libertad, donde p corresponde al número de variables endógenas en el sistema.

La prueba de Johansen, ajustada para una muestra pequeña, siguiendo a Cheung y Lai (1993), se aplica con el fin de identificar el número de vectores de cointegración que se encuentran bajo diferentes especificaciones del modelo. Los resultados sugieren que, para un modelo con cuatro rezagos en las variables endógenas, con variables determinísticas y un intercepto en la dinámica de corto plazo, hay a lo sumo un vector de cointegración con un nivel de confianza del 95% (Cuadro A4.2).

Cuadro A4.2

Prueba de cointegración de Johansen^{a/}

(Valores críticos al 5%)			
Variables endógenas: K_p , K_b , IGBC, Margen, Prop. VIX			
Variables determinísticas: CONST., S1, S2, S3, D1, D2,			
Rango muestral: 2000: Q1-2012: Q1, T = 49			
Rezagos incluidos (niveles): 4			
Número de vectores	g. l.	Estadísticos	Valor crítico
Ninguno	6,00	131,18	124,61
Máximo 1	5,00	65,23	95,38
Máximo 2	4,00	35,11	70,22

a/ Ajustado para muestra pequeña y número de rezagos utilizando la metodología propuesta por Cheung y Lai (1993).

Fuente: cálculos de los autores.

En cuanto al comportamiento de los residuales del modelo, la presencia de normalidad multivariada se verifica mediante el estadístico NM propuesto por Doornick y Hansen (1994). Dicha prueba muestra que no es posible rechazar la hipótesis que establece que las perturbaciones se distribuyen normalmente (Cuadro A4.3). Con respecto a la posible presencia de autocorrelación, pruebas multivariadas del multiplicador de Lagrange (LM) se presentan en Cuadro A4.4. Estas pruebas sugieren que no es posible rechazar la hipótesis nula que establece que no existe correlación serial de orden h (para $h = 1$ y $h = 4$).

Cuadro A4.3

Prueba de normalidad

Doornick y Hansen (1994)
Estadístico conjunto: 13,84
p-valor: 0,18
Grados de libertad: 10
H0: los residuales tienen distribución normal.

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A4.4

Test tipo multiplicador de Lagrange (ML) de autocorrelación con 1 y 4 rezagos

Test – ML con 1 rezago
Estadístico ML – $\chi^2(25) = 17,78$
p -valor: 0,85
Test ML con 4 rezagos
Estadístico ML – $\chi^2(25) = 26,18$
p -valor: 0,40
H0: autocorrelación residual de orden h -ésimo es igual a 0.

Fuente: cálculos de los autores.

9. UN MODELO DE ALERTA TEMPRANA PARA LA PREDICCIÓN DE AUGES DE CRÉDITO USANDO LOS AGREGADOS MACROECONÓMICOS

Alexander Guarín
Andrés González
Daphné Skandalis
Daniela Sánchez*

En general, un auge de crédito se define como un exceso de la cartera por encima de su tendencia de largo plazo. Los auges crediticios tienden a hacer a las economías más volátiles y vulnerables, y frecuentemente se asocian con incrementos en la inflación, reducción de las exigencias para asignar préstamos, inestabilidad en el sector bancario e incrementos en la probabilidad de una crisis financiera —Reinhart y Kaminsky (1999); Gourinchas *et al.* (2001); Barajas *et al.* (2007); Dell’Ariccia *et al.* (2012); Williams (2012)—. En consecuencia, la identificación de estos episodios y su predicción temprana es un tema de gran relevancia para las autoridades económicas.

No obstante, identificar correctamente estos episodios es un problema complejo en la práctica. La literatura reciente los caracteriza como periodos donde el componente cíclico de la cartera excede un umbral específico, y los asocia con la dinámica de los agregados macroeconómicos —*e. g.*: Gourinchas *et al.* (2001), Cottarelli *et al.* (2005); Kiss *et al.* (2006), y Mendoza y Terrones (2008)—. Sin embargo, estos trabajos no se concentran en la construcción de indicadores de alerta temprana.

El objetivo principal de este documento es construir una herramienta cuantitativa, que permita identificar y predecir tempranamente los episodios de auge de crédito mediante la relación existente entre estos últimos y los agregados macroeconómicos. El indicador se basa en dos elementos: la probabilidad de estar en un auge en el tiempo $t + h$ para $h \geq 0$ condicionado sobre el conjunto de datos disponible hasta el tiempo t , y segundo, en un umbral estimado que establece la probabilidad para la cual el modelo define la existencia del auge.

* En el momento de escribir este capítulo los autores trabajaban en el Departamento de Modelos Macroeconómicos del Banco de la República como: investigador, director, asistente de investigación y asistente de investigación, respectivamente. Los autores expresan su gratitud a Hernando Vargas, por sus valiosos comentarios y sugerencias. También, a Camila Fonseca y Lisset Venegas por su trabajo de asistencia en esta investigación. Las opiniones expresadas en este documento no representan necesariamente los puntos de vista del Banco de la República, ni los de su Junta Directiva, como tampoco los del Fondo Monetario Internacional ni Fedesarrollo. Como es usual, todos los errores y omisiones con responsabilidad de los autores.

La probabilidad de estar en un episodio de estos es calculada con el promedio bayesiano de varios modelos de regresión logística estimados a partir de datos de panel. En particular, se usa la metodología *bayesian model averaging* (BMA), que considera la incertidumbre tanto en la elección del modelo como en el valor de los parámetros. En este caso específico, la incertidumbre sobre el modelo está asociada con la selección de los agregados macroeconómicos que deberían ser incluidos como variables explicativas en la regresión logística. El método BMA corre un gran número de estimaciones sobre diferentes combinaciones de variables y, luego, toma el promedio ponderado de todos los resultados. Los pesos de la ponderación están dados por la probabilidad posterior de cada modelo estimado.

El análisis econométrico es aplicado a datos trimestrales de seis países latinoamericanos entre 1996 y 2011. Nuestros resultados muestran que los agregados macroeconómicos contienen información valiosa para identificar los periodos de auge de crédito y proporcionar señales de alerta temprana sobre la formación de nuevos episodios en el futuro cercano. Las probabilidades estimadas de estar en un auge en el tiempo $t + h$ con $h \geq 0$ muestran un buen ajuste. Por ejemplo, para nuestra muestra de países latinoamericanos se estima un umbral del 38%, lo cual implica una probabilidad del 80,3% de detectar auges de crédito y una probabilidad mayor al 92% de no tener falsas alarmas.

Con el propósito de examinar si las variables macroeconómicas proporcionan información adicional a la tasa de crecimiento de la cartera para identificar tales episodios, se implementa el algoritmo BMA sobre dos grupos de variables. El primer conjunto solo considera como variables explicativas a los agregados macroeconómicos, mientras que el segundo grupo incluye, adicionalmente, la tasa de crecimiento del crédito.

En este documento también se efectúa un ejercicio de validación cruzada para varios países de la región, con el fin de verificar la robustez de los resultados. Este ejercicio sugiere que los factores determinantes de los auges de crédito son similares en los diferentes países de nuestra muestra, y que estos elementos comunes pueden ser capturados por medio de los agregados macroeconómicos. Además, los resultados sugieren que la metodología propuesta puede ser útil para predecir auges de crédito en países de la región que no se consideran en la estimación y cuya disponibilidad de datos sea limitada.

En general, este documento proporciona una herramienta valiosa para cuantificar la probabilidad de estar en un auge de crédito, o de sufrir este episodio en el futuro. Según nuestro conocimiento, este es el primer documento que estima y predice la probabilidad de un auge de crédito a partir de variables macroeconómicas. En este sentido, tanto la metodología, como los resultados empíricos para nuestra muestra de países latinoamericanos, representan una contribución a la literatura floreciente de indicadores de alerta temprana.

El resto del documento está organizado de la siguiente forma. La primera sección presenta la estrategia econométrica. La segunda describe el conjunto de datos. En la tercera sección se realizan los diferentes ejercicios empíricos. Finalmente, la cuarta sección presenta algunas conclusiones.

1. METODOLOGÍA ECONOMETRICA

Considere el modelo de regresión logística con datos panel y efectos fijos

$$y_{i,t+h} = \alpha_i + \beta' x_{it} + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, I \quad t = 1, \dots, T \quad (1)$$

donde $y_{i,t+h} = 1$ si hay un auge de crédito para el país i en el trimestre $t + h$, $h \geq 0$ y $y_{i,t+h} = 0$ en cualquier otro caso, β es un vector de parámetros $R \times 1$; ε_{it} es el término de error; $x_{it} = (x_{1,it}, \dots, x_{R,it})$ es un conjunto de R variables, y α_i con $i = 1, \dots, I$ denota los efectos fijos.

La probabilidad de estar en un auge en el tiempo $t + h$, con $h \geq 0$ condicional sobre la información hasta el tiempo t , es definida por la ecuación:

$$p(y_{i,t+h} = 1 | \theta; x_{it}) = F(\alpha_i + \beta' x_{it}) \quad (2)$$

donde F es la función de distribución logística acumulada y $\theta = [\alpha' \beta']$ con $\alpha = [\alpha_1, \dots, \alpha_I]'$.

Para manejar en forma simultánea tanto la incertidumbre del modelo como de los parámetros, se emplea la metodología BMA —Raftery (1995); Raftery *et al.* (1997)—. En particular, se asume que $\mathcal{M} = [M_1, \dots, M_K]$ es el conjunto de todos los posibles modelos, y M_K denota el k -ésimo modelo, el cual está definido por el subconjunto de variables incluidas en la regresión y cuyo tamaño es menor o igual a R .

La probabilidad BMA de estar en un auge de crédito en el tiempo $t + h$, $h \geq 0$ está dada por:

$$p^{BMA}(y_{i,t+h} = 1 | D) = \sum_{k=1}^K \int p(y_{i,t+h} = 1 | \theta^k; D) p(\theta^k, M_k | D) d\theta^k \quad (3)$$

donde $p(\theta^k, M_k | D)$ es la probabilidad posterior conjunta; θ^k es el vector de parámetros asociado, y D denota el conjunto de datos. La probabilidad BMA en la ecuación (3) es un promedio ponderado de la expresión (2), cuyos pesos están dados por $p(\theta^k, M_k | D)$. Debido a que la probabilidad posterior conjunta es desconocida, se realiza su aproximación a partir de la ecuación (3) mediante el algoritmo *reversible jump Markov chain Monte Carlo* (RJMCMC) introducido por Green (1995) —véase también Hoeting *et al.* (1999); Brooks *et al.* (2003); Green y Hastie (2009) para detalles adicionales—.

Aún cuando la probabilidad $p^{BMA}(y_{i,t+h} = 1 | D)$ es informativa, es necesario determinar un valor de esta probabilidad, para lo cual tenemos una clara señal de alarma sobre la existencia de un auge de crédito. En otras palabras, ¿qué tan grande debería ser esta probabilidad antes de producir la alerta? Para responder a esta pregunta, se define un umbral $\tau \in [0, 1]$, sobre el cual la metodología establece la señal de alarma. La estimación se realiza con una variable $\hat{y}_{i,t+h}(\tau)$, definida como

$$\hat{y}_{i,t+h}(\tau) = \begin{cases} 1 & \text{si } p(Y_{i,t+h} = 1 | \theta^k; D) \geq \tau \\ 0 & \text{en cualquier otro caso.} \end{cases} \quad (4)$$

Nótese que, para una probabilidad $p(y_{i,t+h} = 1 | \theta^k; D)$, el número de auges de crédito estimados depende del umbral τ . Si este último es muy pequeño, existirán muchas aler-

tas, las cuales podrían ser falsas alarmas. Por el contrario, si τ es muy grande, tendremos pocas alertas, y la probabilidad de no detectar tales episodios sería mucho más alta.

Para definir el umbral, se calcula el valor τ , que:

$$\begin{aligned} &\text{Mín } \phi(\tau) \text{ sujeto a } \gamma(\tau) \leq \bar{\gamma} \\ &\tau \in [0, 1] \end{aligned} \quad (5)$$

donde $\phi(\tau)$ es la proporción de falsas alarmas; $\gamma(\tau)$ es la proporción de auges de crédito no detectados, y $\bar{\gamma}$ es el valor máximo de γ admitido por la autoridad económica. Los valores de $\gamma(\tau)$ y $\phi(\tau)$ son estimados como:

$$\gamma(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T 1\{\hat{y}_{i,t+h}(\tau) = 0\} \wedge (y_{i,t+h} = 1)\}}{T \times I}, \quad (6)$$

$$\phi(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T 1\{\hat{y}_{i,t+h}(\tau) = 1\} \wedge (y_{i,t+h} = 0)\}}{T \times I} \quad (7)$$

Para $h \geq 0$ donde $1_{\{\cdot\}}$ es una variable indicador igual a 1 si la condición $\{\cdot\}$ se cumple, y 0 en cualquier otro caso. La cantidad $T \times I$ representa el número total de observaciones en la muestra.

2. DATOS: AUGES DE CRÉDITO Y AGREGADOS MACROECONÓMICOS

Se emplean datos trimestrales de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú entre el primer trimestre de 1996 y el cuarto de 2011. El conjunto de variables incluye el valor contemporáneo y los primeros tres rezagos de los agregados macroeconómicos señalados por Mendoza y Terrones (2008) como relevantes en el análisis de estos episodios: variables de actividad local (producto interno bruto [PIB], inversión, consumo privado y gasto del gobierno), variables de comercio internacional (exportaciones, importaciones, términos de intercambio [TdI], tasa de cambio real [TCR], cuenta corriente), y variables del sistema financiero (precio de los activos y flujos de capital netos)¹. Este conjunto de datos considera en total 44 variables. Los valores rezagados son incluidos para capturar el proceso de construcción de los auges de crédito a lo largo del tiempo. En ejercicios específicos se incluye, adicionalmente la tasa de crecimiento de la cartera real per cápita y sus tres primeros rezagos. Este nuevo conjunto considera 48 variables.

¹ El conjunto de variables no incluye la tasa de interés. La principal razón es que esta variable es muy volátil durante algunos períodos de la muestra, lo cual afecta la identificación de episodios de auge de crédito. Por ejemplo, la tasa de interés activa para Argentina entre el primer y tercer trimestres de 2002 aumentó alrededor del 60% y, después, se redujo 48% en el cuarto trimestre del mismo año. Brasil redujo su tasa de interés activa por más del 38% entre el primer trimestre de 1999 y el primero del año 2000.

Los datos son tomados de las páginas web del Fondo Monetario Internacional (FMI) y los bancos centrales² de cada uno de los países de la muestra. Las variables: PIB, inversión, consumo privado, gasto del gobierno, exportaciones, importaciones y precios de los activos son ajustadas estacionalmente y expresadas en términos reales con el índice de precios al consumidor (IPC) de cada país. La TCR corresponde a unidades de moneda nacional por derechos especiales de giro (DEG) de la canasta del FMI, la cual también es expresada en términos reales con el IPC. Los TdI son definidos como la relación entre los precios de los bienes exportados y los bienes importados. Para cada una de estas variables se calcula su componente cíclico con el filtro de Hodrick-Prescott³. La cuenta corriente y los flujos de capital neto son definidos como porcentajes del PIB. Estas variables son suavizadas con un promedio móvil no centrado de orden dos.

Para calcular los episodios de auge $y_{i,t+h}$ desde una perspectiva *ex post* se sigue la metodología descrita por Mendoza y Terrones (2008). En particular, $y_{i,t+h} = 1$ cuando el componente cíclico del crédito real per cápita⁴ es más grande que una desviación estándar de su valor histórico, y $y_{i,t+h} = 0$ en cualquier otro caso. El crédito es definido como la cartera de las instituciones financieras locales con el sector privado.

Además, esta variable es expresada en términos per cápita usando la población en edad de trabajar, deflactada con el IPC, y su componente cíclico es calculado con el filtro de Hodrick-Prescott.

El Cuadro 1 y el Gráfico 1 presentan los períodos de auge crediticio para los países de la muestra entre 1996 y 2010. En promedio, se aprecian dos episodios de auge para cada país. De hecho, se observa que los auges están agrupados en dos lapsos bien delimitados, pero sus fechas específicas y su duración cambian de un país a otro. El primer período es identificado entre 1997 y 2002. Los episodios de este grupo están generalmente asociados con el proceso de liberalización, privatización, apertura a la competencia internacional y la profundización financiera de la región durante los años noventa (Smith *et al.*, 2008). Además, estos auges preceden los períodos de recesión y crisis financieras observados en algunos países de la región (e. g.: Colombia en 1999, y Argentina en 2002). El segundo grupo incluye episodios detectados entre 2007 y 2008, los cuales anteceden la reciente crisis financiera internacional.

2 El Anexo 1 resume el conjunto de variables incluidas en esta investigación, la definición de cada una y su fuente específica.

3 Este filtro usa un parámetro $\lambda = 1.600$, el cual es estándar en la literatura para datos con frecuencia trimestral. Para examinar la sensibilidad de los resultados con respecto al filtro elegido y su parametrización, realizamos dos ejercicios. El primero considera el filtro de Hodrick-Prescott para varios valores de λ , mientras que el segundo está asociado con el filtro elegido (i. e.: Christiano-Fitzgerald y Butterworth). Estos ejercicios muestran que los resultados son poco sensibles a pequeñas variaciones de λ en el filtro de Hodrick-Prescott. Por el contrario, los períodos identificados como auge de crédito presentan cambios relevantes si las variaciones de λ son grandes o si se usan otros filtros.

4 Nótese que esta medida es calculada sobre el nivel de la variable y no sobre su tasa de crecimiento.

Cuadro 1
Períodos de auge de crédito

País	Período 1	Período 2
Argentina	IV trim. 1999 a IV trim. 2001	IV trim. 2007 a III trim. 2008
Brasil ^{a/}	II trim. 1997 a III trim. 1998 IV trim. 2000 a III trim. 2002	I trim. 2007 a IV trim. 2008
Chile	IV trim. 1996 a III trim. 1998	I trim. 2007 a III trim. 2007
Colombia	IV trim. 1997 a I trim. 1999	II trim. 2007 a IV trim. 2008
México ^{a/}	I trim. 1998 a III trim. 1998	II trim. 2007 a I trim. 2008
Perú	IV trim. 1997 a IV trim. 1999	IV trim. 2007 a I trim. 2009

a/ Aquí se considera que los auges de crédito son fenómenos económicos que duran, al menos, varios periodos. Por tanto, los episodios definidos por solo un trimestre (e. g.: primer auge de México y segundo de Brasil) han sido ampliados mediante la adición de dos periodos: uno antes y otro después de la fecha específica del episodio.

Fuente: FMI, cálculos de los autores.

Gráfico 1
Episodios pasados de auges crediticos

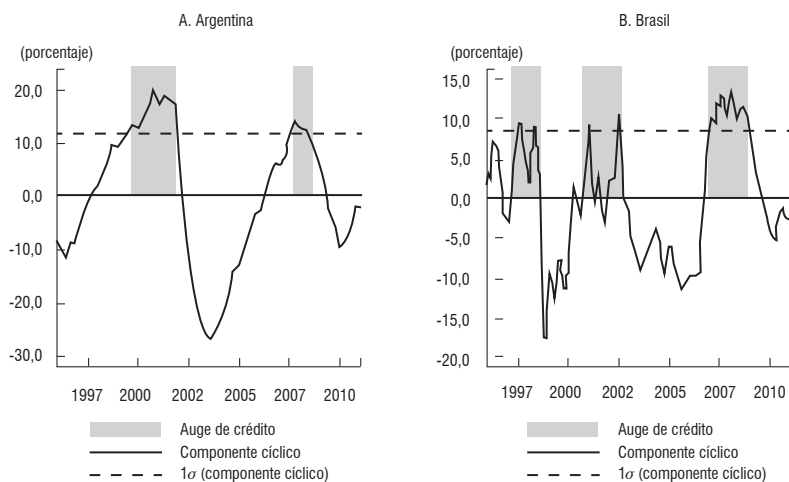
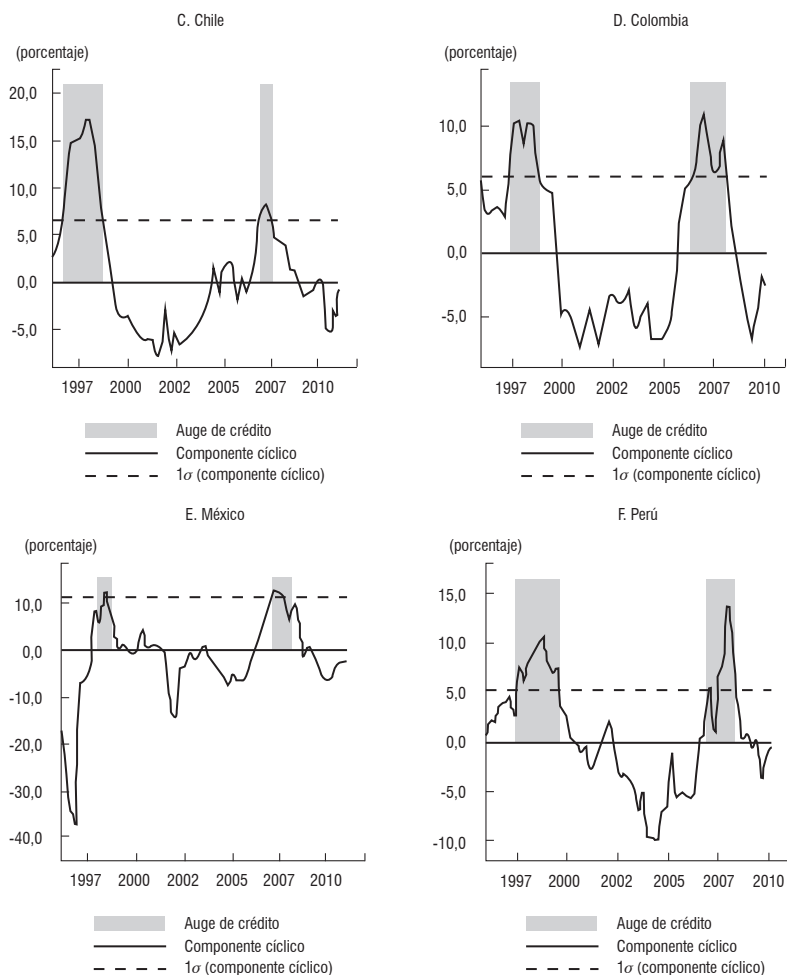


Gráfico 1 (continuación)
Episodios pasados de auges crediticos

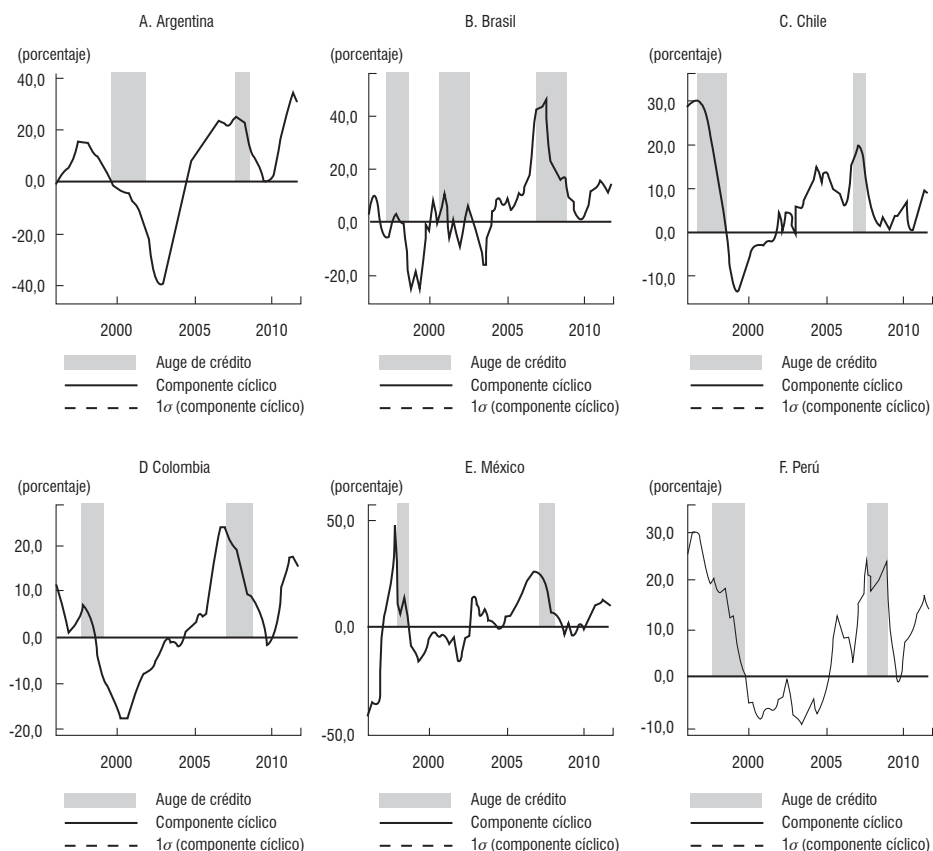


Fuente: cálculos de los autores.

El Gráfico 2 muestra la relación entre los periodos de auge (áreas grises) y la tasa de crecimiento anual del crédito (línea negra). Esta figura respalda el argumento de Terrones y Mendoza (2004), el cual señala que estos episodios son menos frecuentes que los periodos de rápido crecimiento de la cartera. Terrones y Mendoza (2004) argumentan que la tasa de crecimiento del crédito no es un indicador suficiente para identificar los auges, porque cambios de esta tasa pueden ser el resultado de otros sucesos económicos, como la profundización financiera o la recuperación después de una recesión. Este podría ser el caso de México, el cual experimentó una gran expansión del crédito entre finales de

2002 e inicios de 2003, pero no sufrió de un auge crediticio en estos períodos. Además, la mayoría de veces los auges inician una vez la tasa de crecimiento de la cartera ha alcanzado su máximo valor. Por ejemplo, en Colombia y Argentina se activa la alerta cuando la tasa de crecimiento del crédito está disminuyendo.

Gráfico 2
Tasa de crecimiento del crédito



Fuente: cálculos de los autores.

3. ANÁLISIS EMPÍRICO

En esta sección se presentan los resultados de la estimación y predicción de las probabilidades BMA⁵ de estar en un auge de crédito en el tiempo $t + h$, donde $h = 0, 1, 2$, des-

⁵ La estimación BMA se realiza con una cadena de Markov con 120.000 simulaciones. Los primeros 20.000 resultados de la cadena son removidos para evitar el ruido en la elección de la semilla inicial. Además, se asume

critas en la ecuación (3). El conjunto total de datos definido en la sección 2 se divide en dos partes. La primera parte de la muestra corresponde a los datos $[x_{it}, y_{i,t+h}]$ entre el primer trimestre de 1996 y el cuarto trimestre de 2010. A menos que se indique lo contrario, este conjunto de información se usa para estimar los parámetros BMA y las probabilidades de auge dentro de muestra. La segunda parte solo considera información de los agregados macroeconómicos $[x_{it}]$ durante 2011. Estos datos se usan para realizar predicciones *ex ante* y *ex post*⁶ fuera de la muestra de las probabilidades de auge de crédito.

El umbral τ es calculado como la solución al problema de minimización (5), con un valor máximo de auges no detectados, igual al 5% de las observaciones de la muestra.

En el primer ejercicio se calculan las probabilidades BMA definidas por la ecuación (3) para $h = 0$, cuando no hay efectos fijos, $\alpha_i = \alpha$, y el conjunto x_{it} no incluye la tasa de crecimiento del crédito. El Gráfico 3 muestra la estimación (línea delgada) y el pronóstico (línea gruesa) de la probabilidad. De ahora en adelante las áreas grises corresponden a los periodos de auge crediticio previamente identificados en la sección 2. El umbral (línea discontinua) es estimado en el 37%. Este gráfico exhibe un excelente ajuste de la probabilidad estimada con respecto a los auges ya identificados. Por ejemplo, en los periodos de auge se observan valores altos de la probabilidad, mientras que esta es cercana a cero cuando no hay episodios de este tipo. De hecho, la probabilidad de detectar un auge de crédito es del 79%, mientras la probabilidad de no tener falsas alarmas es del 90%.

Como se puede apreciar en el Gráfico 3, el método captura la mayoría de los episodios, excepto el primero de México en 1998 y el segundo de Chile en 2007. Estos auges no detectados pueden ser el resultado de una falencia en nuestra metodología o, simplemente, el método de Mendoza y Terrones (2008) identifica de manera incorrecta estos periodos. De hecho, el primer episodio en México podría ser el resultado de un proceso de recuperación después de la crisis financiera en 1995, más que un auge de crédito.

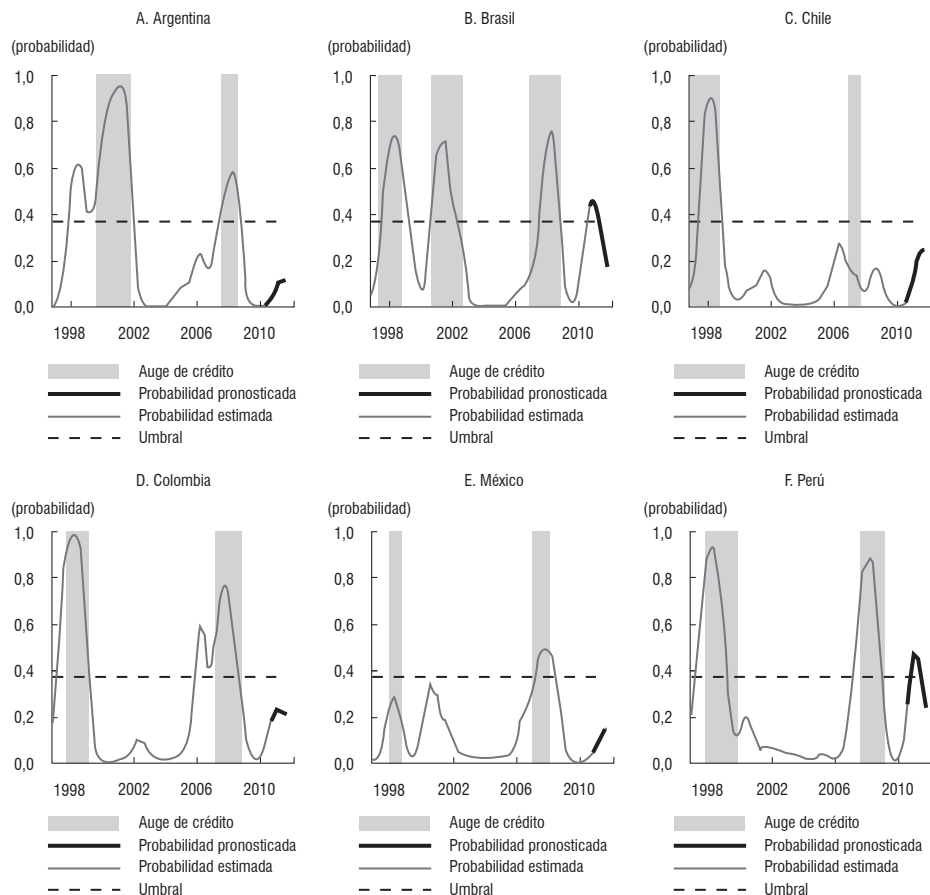
El excelente ajuste de las probabilidades estimadas sugiere que los agregados macroeconómicos contienen información valiosa para identificar y predecir los periodos de auge. El Gráfico 3 muestra que los pronósticos de la probabilidad de estar en un auge crediticio aumentan para todos los países entre el primer y cuarto trimestres de 2011. Sin embargo, solo para Brasil y Perú las predicciones de estas probabilidades son más altas que el umbral estimado.

que la probabilidad *prior* del modelo es $p(M_k) = 1/k$, para todo $k = 1, \dots, K$, y la distribución *prior* de θ^k es $\mathcal{N}(0^k, 100 \times I^k)$, donde el vector cero 0^k y la matriz identidad I^k cambian de tamaño con el modelo M_k .

6 Los pronósticos *ex ante* corresponden a predicciones de $p(y_{i,t+h} = 1|\theta; x_{it})$ para $h > 0$. Las probabilidades de un auge de crédito en el tiempo $t + h$, $h = [1, 2]$, son pronosticadas usando datos de variables x_i disponibles hasta el tiempo t . Por otro lado, la predicción *ex post* considera los pronósticos de $p(y_{i,t+h} = 1|\theta; x_{it})$ para $h = 0$. La información de las variables x_i del período $t + h$ son usadas para predecir los resultados en el tiempo $t + h$ para el modelo estimado.

Gráfico 3

Probabilidad de un auge crediticio en $t + h$, $h = 0$: modelo *logit* con datos de panel



Fuente: cálculos de los autores.

La metodología BMA proporciona alguna evidencia sobre los principales factores macroeconómicos que explican los auge de crédito. El Cuadro 2 reporta la *posterior inclusion probability* (PIP)⁷ y la *sign certainty* (SIC). La PIP corresponde a la probabilidad que tiene una variable aleatoria de ser incluida en el modelo, mientras la SIC presenta la probabilidad de que el coeficiente estimado sea positivo. El valor contemporáneo y los primeros tres rezagos de cada variable se denotan como L0, L1, L2 y L3. El Panel A en el Cuadro 2 muestra las estadísticas para las variables con la PIP más alta para el modelo que no incluye la tasa de crecimiento del crédito.

7 La PIP es definida como $p(\theta_r \neq 0 | D) = \sum_{\theta_r \neq 0} p(M_k | D)$ donde p representa la probabilidad, θ_r es el r -ésimo elemento del vector de parámetros θ ; $r = 1, \dots, R$; indexa el conjunto de parámetros; R es el número total de variables, y D denota el conjunto de datos. La variable M_k representa el k -ésimo modelo, $k = 1, \dots, K$ indexa el conjunto de modelos seleccionados, y K es el número total de modelos.

Cuadro 2
Modelo logit con datos de panel: análisis bayesiano

A. No incluye la tasa de crecimiento del crédito			B. Incluye la tasa de crecimiento del crédito		
Variable	PIP	SIC	Variable	PIP	SIC
Consumo privado, L0	0,99	0,99	Precio de los activos, L2	1,00	1,00
Precio de los activos, L1	0,99	1,00	Consumo privado, L0	0,99	1,00
TCR, L3	0,98	0,00	Tasa de crec. del crédito, L3	0,99	1,00
Flujos de capitales, L3	0,95	0,98	TCR, L3	0,97	0,00
Cuenta corriente, L3	0,85	0,08	Cuenta corriente, L3	0,95	0,03
Inversión, L3	0,82	0,98	Consumo privado, L3	0,87	0,92
TdI, L3	0,71	0,98	Inversión, L3	0,80	0,96
TCR, L2	0,70	0,02	Gasto público, L1	0,80	0,97
Flujos de capitales, L1	0,69	0,92	Flujo de capitales, L3	0,79	0,96
Consumo privado, L3	0,68	0,86	Cuenta corriente, L0	0,73	0,13
Cuenta corriente L0	0,63	0,22	Flujos de capital, L1	0,66	0,86
Gasto público, L0	0,60	0,93	PIB, L1	0,56	0,40
Cuenta corriente L2	0,56	0,10	Gasto público, L0	0,53	0,92
Consumo privado, L1	0,53	0,97	Flujos de capital, L2	0,52	0,86
Gasto público, L1	0,51	0,95	Cuenta corriente, L2	0,50	0,07

Fuente: cálculos de los autores.

De acuerdo con la PIP, las variables más importantes en la estimación son el consumo privado (L0, L3, L1), el precio de los activos (L1), la TCR (L3, L2), los flujos de capital (L3, L1) y la cuenta corriente (L3, L0). El aumento de la relación de los flujos de capital a PIB, el componente cíclico del consumo privado y el precio de los activos tienen un efecto positivo sobre la probabilidad de estar en un auge. Por el contrario, el aumento en el componente cíclico de la TCR y la razón de la cuenta corriente a PIB reducen esa probabilidad.

Con el fin de proporcionar evidencia sobre la robustez y confiabilidad de las predicciones fuera de la muestra, se repite el ejercicio previo a partir de una nueva definición de los períodos de estimación y pronóstico. El Anexo 2 describe en detalle las características de este ejercicio y presenta sus resultados. Aunque el nuevo período de estimación solo incluye el primer conjunto de auges de crédito definidos en el Cuadro 1, el pronóstico *ex post* de la probabilidad BMA es capaz de capturar la mayoría de los episodios entre 2007 y 2008. De hecho, esta metodología predice el segundo auge de Colombia y Perú, y el tercero de Brasil.

También, se llevó a cabo un ejercicio de validación cruzada entre países. En este caso, se realiza el mismo ejercicio de estimación BMA de la probabilidad definida por la ecuación (3), pero no se consideran los datos del país (*i. e.*: la variable *dummy* y_{it} y las variables x_{it} dentro del conjunto de información). Una vez el ejercicio es efectuado, se usan los parámetros BMA estimados para calcular, la probabilidad del país *i* de estar en

un auge de crédito, empleando las variables macroeconómicas x_{it} . La estimación se realiza para cada t entre el primer trimestre de 1996 y el cuarto de 2010, y para cada uno de los países de la muestra.

El Gráfico 4 presenta la probabilidad BMA estimada (línea negra) del ejercicio de validación cruzada. Cada panel exhibe la probabilidad calculada para el país que no es incluido en la estimación. Por ejemplo, el panel A contiene la probabilidad estimada cuando los datos de ese país no son usados en el algoritmo BMA. Las probabilidades estimadas en el Gráfico 4 se ajustan muy bien a los episodios de auge ya determinados. Además, estos resultados son similares a las probabilidades presentadas en el Gráfico 3. La estructura de datos de panel en este ejercicio econométrico permite usar los parámetros estimados para calcular las probabilidades de estar en un auge crediticio en países que no fueron considerados en la estimación.

Los resultados también sugieren que los factores determinantes de tales episodios son similares entre países, y que estos elementos pueden ser capturados por la evolución de las variables macroeconómicas. Los factores comunes con mayor relevancia en la probabilidad BMA estimada en este ejercicio de validación cruzada son el componente cíclico del consumo privado y del precio de los activos, así como las razones flujos de capital/PIB y cuenta corriente/PIB. Estos resultados son acordes con la literatura reciente sobre las causas de los episodios de auge de crédito en economías emergentes, y especialmente, en países latinoamericanos. En particular, esta literatura puntualiza la importancia de los flujos de capital en el deterioro de la calidad de la cartera, el incremento en el gasto del gobierno y la formación de los auges de crédito y de las burbujas en el precio de los activos —Gavin y Hausmann (1996); Ostry (2007), Furceri *et al.* (2011); Montoro y Rojas-Suárez (2012); Montiel (2013)—.

Gráfico 4

Probabilidad de un auge de crédito en $t + h$, $h = 0$: ejercicio de validación cruzada

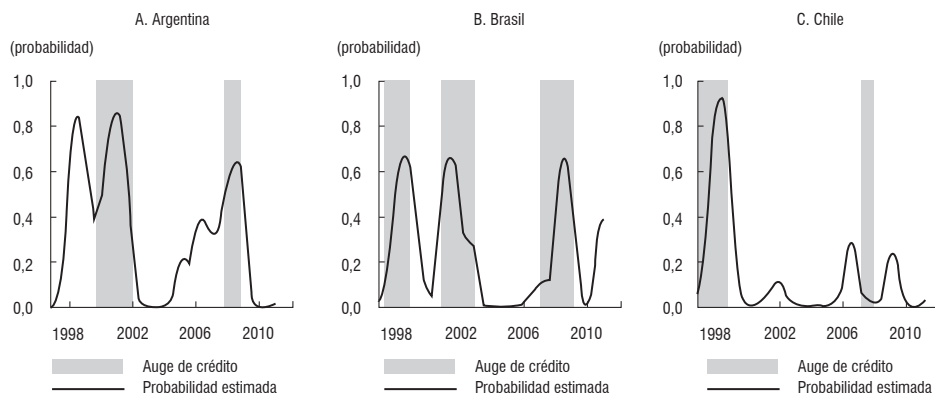
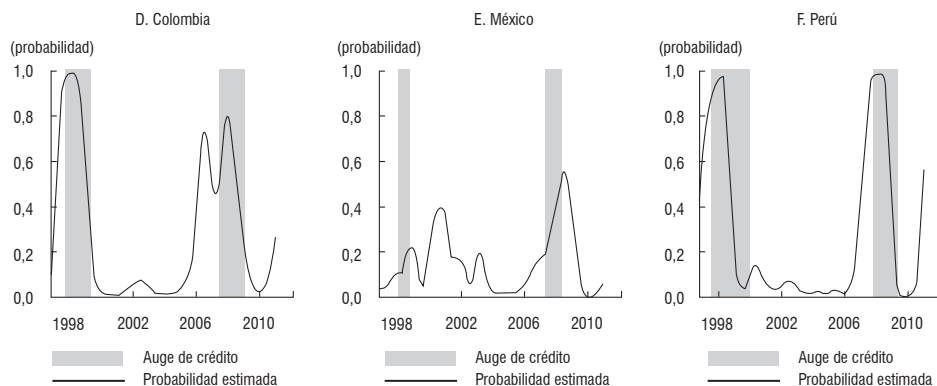


Gráfico 4 (continuación)

Probabilidad de un auge de crédito en $t + h$, $h = 0$: ejercicio de validación cruzada



Fuente: cálculos de los autores.

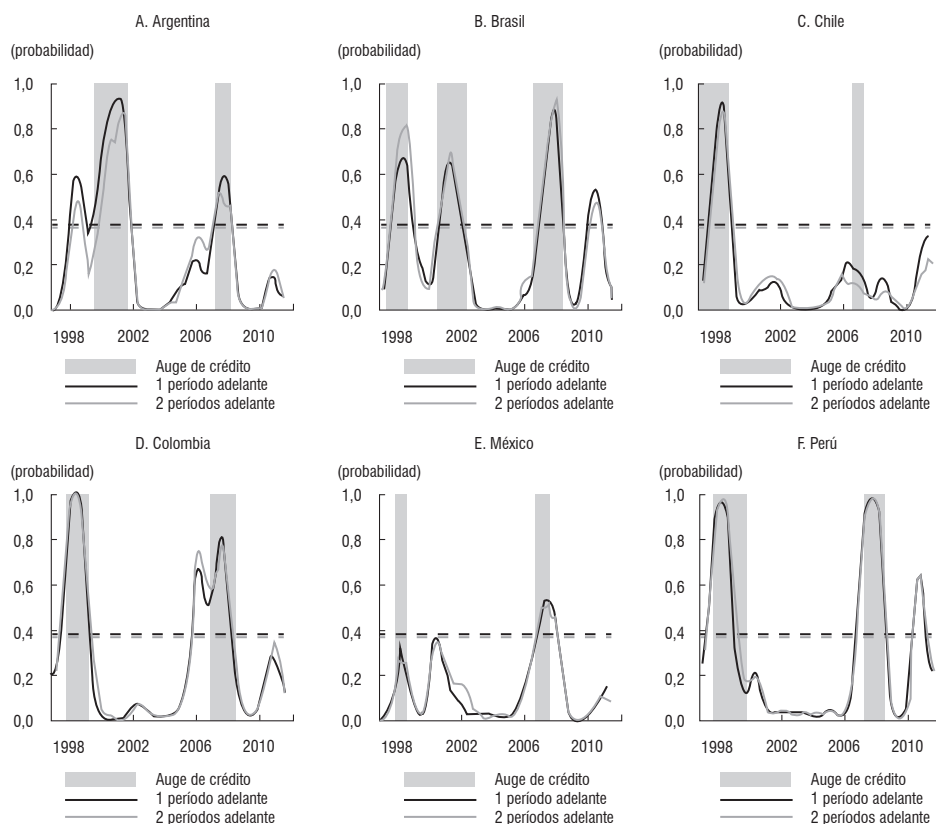
Por otro lado, con el fin de valorar la utilidad de la metodología propuesta como herramienta de alerta temprana, se calculan las probabilidades BMA para $h = 1$, 2 y $\alpha_i = \alpha$. El Gráfico 5 muestra las probabilidades BMA estimadas para $h = 1$ (línea negra delgada) y $h = 2$ (línea gris delgada). Las predicciones *ex ante* (líneas gruesas) para $h = 1$, 2 también son presentadas. El umbral para $h = 1$ (línea negra punteada) y $h = 2$ (línea gris punteada) es estimado en 37,3% y 35,9%, respectivamente. En consecuencia, las probabilidades de detectar un auge de crédito en el tiempo $t + 1$ y $t + 2$ son 80% y 79,8%, mientras que las probabilidades de no tener falsas alarmas son de 90,6% y 90,4%, respectivamente. La metodología puede ser usada para detectar estos episodios de crédito con al menos seis meses de anticipación. El desempeño de este método como un indicador de alerta temprana depende de cada país y del horizonte h . Por ejemplo, las predicciones de la probabilidad permiten anticipar acertadamente todos los auges en Argentina, Colombia y Perú, y el segundo episodio de Brasil y de México. Sin embargo, el método no anticipa el primer auge de México ni el segundo de Chile. Los episodios restantes son anticipados, pero su tiempo de alerta es muy reducido.

Para determinar si la tasa de crecimiento de la cartera es un indicador suficiente en la identificación y detección temprana de los auges de crédito, se repite el ejercicio econométrico, pero en esta oportunidad esta tasa es incluida dentro del conjunto de variables explicativas. El Gráfico 6 muestra las estimaciones (línea delgada) y los pronósticos (línea gruesa) de las probabilidades. Los resultados son presentados para $h = 0$ (línea negra), $h = 1$ (línea gris oscura) y $h = 2$ (línea gris clara). Como se aprecia en el Gráfico 6, el ajuste de la estimación mejora al incluir la nueva variable. En este caso, el umbral es estimado en 38% (línea punteada), lo cual implica una probabilidad de detectar un auge del 80,3% y una probabilidad de no tener falsas alarmas del 92%. Estos valores son más altos que los estimados usando solamente los agregados macroeconómicos. Además, las probabilidades calculadas cuando $h = 1$, 2 anticipan con mayor precisión los periodos de auge de crédito. A diferencia de los resultados previos para el modelo que no incluye la tasa de crecimiento de la cartera, este nuevo

ejercicio econométrico detecta el primer auge de México (aunque débilmente). Además, las probabilidades estimadas para el segundo episodio de Argentina, de Colombia y de México son más altas.

Gráfico 5

Probabilidad de un auge de crédito en $t + h$, $h = 1, 2$: modelo *logit* con datos de panel



Fuente: cálculos de los autores.

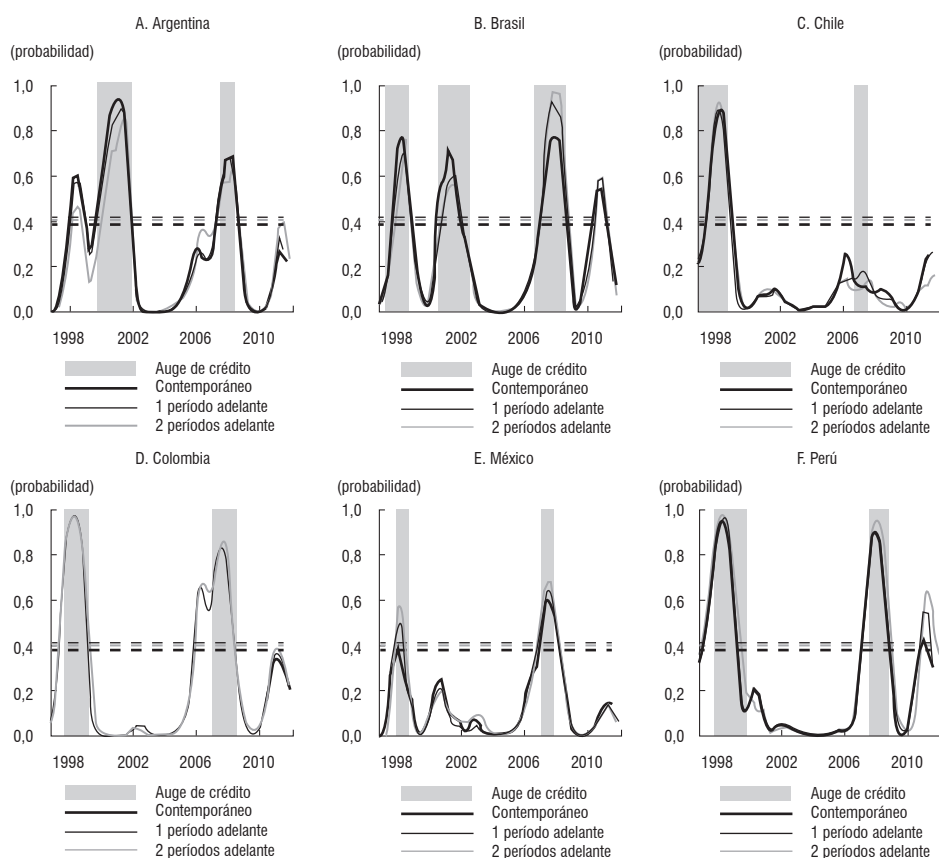
El panel B en el Cuadro 2 reporta la PIP y la SIC de la estimación BMA para $h = 0$. Los resultados muestran que los agregados macroeconómicos son aún relevantes en la estimación. De hecho, las variables con la más alta PIP corresponden al precio de los activos (L2), el consumo privado (L0, L3), la tasa de crecimiento del crédito (L3), la TCR (L3) y la cuenta corriente/PIB (L3, L0). Los resultados de la estimación muestran que las variables con la PIP más alta y su signo coinciden con aquellos reportados para el ejercicio econométrico que no incluye la tasa de crecimiento del crédito dentro del conjunto de variables explicativas. No obstante, la relación flujos de capital a PIB pierde relevancia dentro de la estimación.

El Anexo 3 presenta los resultados para el modelo de regresión logística con efectos fijos, los cuales son muy similares a los reportados en esta sección. En particular, se observa que los valores de la estimación y predicción de la probabilidad de un auge de crédito para Argentina, Colombia y México son, en general, más pequeños en el modelo con efectos fijos. Por el contrario, las mismas probabilidades para Brasil son más altas.

Este resultado sugiere que las características de la economía brasileña implican una probabilidad de auge que en promedio es más grande que en el resto de la región.

Gráfico 6

Probabilidad de un auge de crédito: modelo *logit* con datos de panel (incluye la tasa de crecimiento del crédito)



Fuente: cálculos de los autores.

4. CONCLUSIONES

En este capítulo se presenta una novedosa metodología para identificar y predecir los episodios de auge de crédito a partir de variables macroeconómicas. Además, con ejercicios empíricos se ilustra que la estrategia econométrica planteada funciona como una herramienta de alerta temprana de auges, y por tanto, puede ser de bastante utilidad para las autoridades económicas.

Los resultados muestran que los agregados macroeconómicos proporcionan información valiosa para determinar la existencia de los auges de crédito, así como señales de alarma sobre la construcción de nuevos episodios en el corto plazo. Los resultados también sugieren que los factores determinantes de estos episodios entre países son similares y, por tanto, estas estimaciones pueden ser usadas para predecir los auges en países que no son considerados en la muestra. Aún si la tasa de crecimiento del crédito es incluida dentro del conjunto de variables explicativas, los agregados macroeconómicos continúan siendo relevantes para estimar y predecir los episodios de auge.

Los resultados econométricos también muestran que las probabilidades estimadas de un auge de crédito alcanzan un muy buen ajuste de los episodios previamente determinados por la metodología de Mendoza y Terrones (2008). No obstante, si la tasa de crecimiento de la cartera es incluida como una variable explicativa, el ajuste de las estimaciones y predicciones es mayor.

REFERENCIAS

- Barajas, A.; Dell’Ariccia, G.; Levchenko A. (2007). “Credit crisis: The Good, The Bad and The Ugly” (mimeo), FMI.
- Brooks, S.; Friel, N.; King, R. (2003). “Classical Model Selection Via Simulated Annealing”, *Journal of The Royal Statistical Society*, vol. 65, núm. 2, pp. 503-520.
- Cottarelli, C.; Vladkova, I.; Dell’Ariccia, G. (2005). “Early Birds, Late Risers, and Sleeping Beauties: Bank Credit Growth to The Private Sector in Central and Eastern Europe and in The Balkans”, *Journal of Banking & Finance*, vol. 29, núm. 1, pp. 83-104.
- Dell’Ariccia, G.; Igan, D.; Laeven, L. (2012). “Credit crisis and Lending Standards: Evidence From The Subprime Mortgage Market”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 44, pp. 367-384.
- Furceri, D.; Guichard, S.; Rusticelli, E. (2011). “Episodes of Large Capital Inflows and the Likelihood of Banking and Currency Crises and Sudden Stops”, working paper, núm. 865, OECD Economics Department.
- Gavin, M.; Hausmann, R. (1996). “The Roots of Banking Crises. The Macroeconomic Context”, en L. Rojas-Suárez (ed.), *Banking Crises in Latin America*, Baltimore: John Hopkins University Press.
- Gourinchas, P.; Valdes, R.; Landerretche, O. (2001). “Lending Crisis: Latin America and The World”, working paper, núm. 8249, *National Bureau of Economic Research*.
- Green, P. (1995). “Reversible Jump Markov Chain Monte Carlo Computation and Bayesian Model Determination”, *Biometrika*, vol. 82, núm 4, pp. 711-732.

- Green, P.; Hastie, D. (2009). "Reversible Jump MCMC", *Genetics*, vol. 155, núm 3, pp. 1391-1403.
- Hoeting, J.; Madigan, D.; Raftery, A.; Volinsky, C. (1999). "Bayesian Model Averaging: A Tutorial", *Statistical Science*, vol. 14, núm 4, pp. 382-417.
- Kiss, G.; Nagy, M.; Vonnák, B. (2006). "Credit Growth in Central and Eastern Europe: Convergence or Crisis?", working paper, núm. 2006/10, The Central Bank of Hungary.
- Mendoza, E.; Terrones, M. (2008). "An Anatomy of Credit Crisis: Evidence From Macro Aggregates and Micro Data", working paper, núm. 14049, *National Bureau of Economic Research*.
- Montiel, P. (2013). "Capital Flows: Issues and Policies", working paper, núm. IDB-WP 411, Inter-American Development Bank.
- Montoro, C.; Rojas-Suárez, L. (2012). "Credit at Times of Stress: Latin American Lessons from the Global Financial Crisis", working paper, núm. 370, Bank for International Settlements.
- Ostry, J. (2007). "Managing Capital Flows: What Tools to Use?", *Asian Development Review*, vol. 29, núm. 1, pp. 83-89.
- Raftery, A. (1995). "Bayesian Model Selection in Social Research", *Sociological Methodology*, vol. 25, pp. 111-164.
- Raftery, A.; Madigan, D.; Hoeting, J. (1997). "Bayesian Model Averaging for Linear Regression Models", *Journal of The American Statistical Association*, vol. 92, núm. 437, pp. 179-191.
- Reinhart, C.; Kaminsky, G. (1999). "The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance of Payments Problems", *The American Economic Review*, vol. 89, pp. 473-500.
- Smith, J.; Juhn, T.; Humphrey, C. (2008). "Consumer and Small Business Credit: Building Blocks of The Middle Class", en J. Haar y J. Price (eds.), *Can Latin America Compete? Confronting The Challenges of Globalization*, New York: Palgrave Macmillan.
- Terrones, M.; Mendoza, E. (2004). "Are Credit crisis in Emerging Markets A Concern?", en *World Economic Outlook*, Washintong, D. C.: FMI, cap. IV, pp. 147-166.
- Williams, G. (2012). "Beyond the Credit crisis: Why Investing in Smaller Companies is Not Only Responsible Capitalism but Better for Investors Too", working paper, núm. 2012/02, The Institute for Public Policy Research.

ANEXO 1

Cuadro A1.1

Descripción de los datos: variables macroeconómicas

Variable	Definición	Fuente
Crédito	Cartera del sector privado con corporaciones e instituciones financieras, expresada en términos per cápita con la población en edad de trabajar ^{a/}	Fondo Monetario Internacional (FMI)
PIB	Producto interno bruto ^{a/}	FMI
Consumo privado	Gasto de los hogares en consumo ^{a/}	FMI
Inversión	Formación bruta de capital fijo ^{a/}	FMI
Gasto público	Gasto del Gobierno ^{a/}	FMI
Importaciones	Importaciones (<i>free on board</i>) ^{a/}	FMI
Exportaciones	Exportaciones (<i>free on board</i>) ^{a/}	FMI
Tasa de cambio	Tasa de cambio, moneda nacional a DEG ^{b/}	FMI
Términos de intercambio	Términos de intercambio	Bancos centrales
Precio de los activos	Índice de precios de las acciones ^{b/}	FMI
Cuenta corriente	Cuenta corriente neta como porcentaje del PIB	Bancos centrales
Flujos de capital	Cuenta de capital y financiera neta como porcentaje del PIB	Bancos centrales

a/ La variable es ajustada estacionalmente y expresada en términos reales.

b/ La variable está definida en términos reales.

Nota: las variables nominales son expresadas en términos reales utilizando el IPC.

Fuente: elaborado por los autores.

ANEXO 2

EJERCICIO DE PRONÓSTICO FUERA DE MUESTRA

Este ejercicio estima la probabilidad BMA dada por la ecuación (3) para $h = 0$ y $\alpha_i = \alpha$. En particular, se redefinen tanto el período de estimación como el período de predicción fuera de la muestra. El primero considera el conjunto de datos $[x_{it}, y_{i,t+h}]$ entre el primer trimestre de 1996 y el cuarto de 2006. Como se mencionó en la sección 3, este nuevo período de estimación supone que la variable *dummy* $y_{i,t+h}$ solamente captura el primer conjunto de los auges de crédito del Cuadro 1.

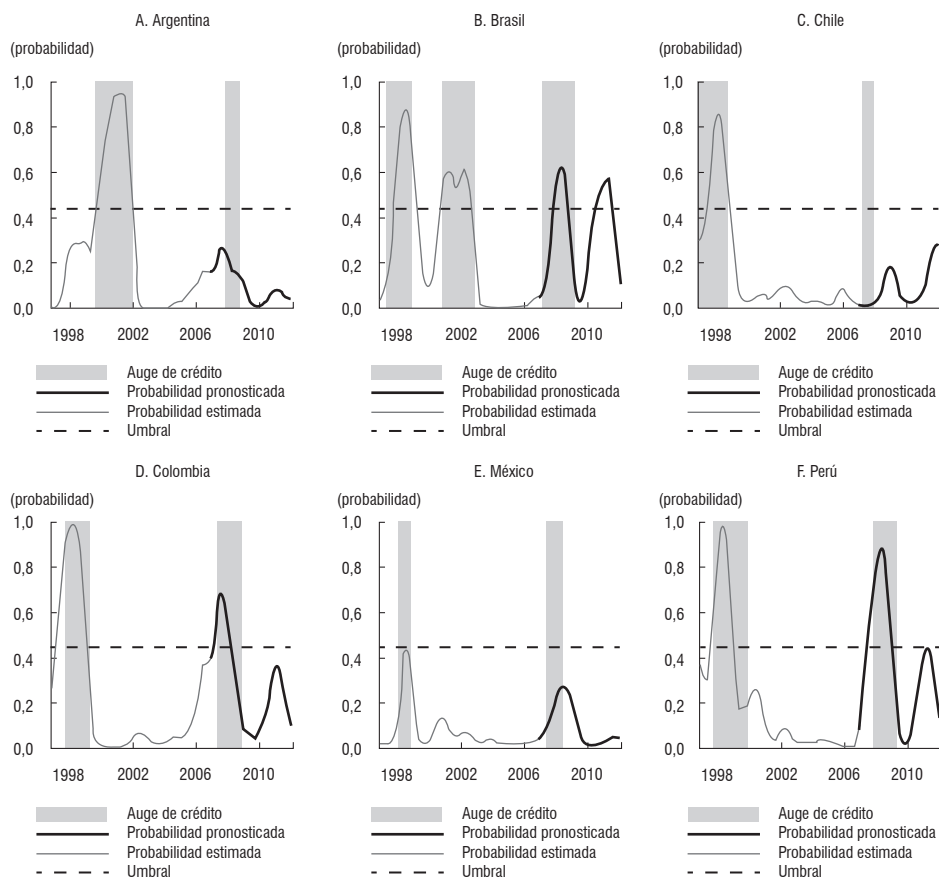
El objetivo de este nuevo ejercicio es predecir las probabilidades BMA de un auge crediticio entre el primer trimestre de 2007 y el cuarto de 2011, a partir del conjunto de

parámetros BMA estimados y el valor de las variables macroeconómicas en ese periodo. Una vez las probabilidades son calculadas, su valor es comparado con el umbral estimado y el segundo conjunto de auges previamente definido en el Cuadro 1.

El Gráfico A2.1 presenta el valor estimado (línea delgada) y el pronóstico (línea gruesa) de las probabilidades de auge. El umbral (línea discontinua) es estimado en un 45%, y los episodios son representados por áreas grises. Los resultados muestran un buen ajuste de los pronósticos fuera de la muestra con respecto a auges de crédito identificados. De hecho, este ejercicio es capaz de recuperar la mayoría de los episodios entre 2007 y 2008. En particular, el modelo predice el segundo auge de Colombia y de Perú, y el tercero de Brasil. Aunque la metodología, aún con los nuevos periodos muestrales, no predice el segundo episodio de Argentina ni el de Chile, sí se aprecia un aumento substancial en el pronóstico de las probabilidades para este periodo en esos dos países.

Gráfico A2.1

Probabilidad de un auge de crédito en $t + h$, $h = 0$ evaluación de pronóstico fuera de la muestra



Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 3

ANÁLISIS EMPÍRICO: MODELO LOGIT CON DATOS DE PANEL Y EFECTOS FIJOS

En el segundo conjunto de ejercicios, se calculan las probabilidades BMA definidas en la ecuación (3) para un modelo con efectos fijos. El Gráfico A3.1 presenta los resultados: estimaciones (línea delgada) y pronósticos (línea gruesa) para $h = 0$ (línea negra), $h = 1$ (línea gris oscura) y $h = 2$ (línea gris clara). El conjunto de datos no incluye la tasa de crecimiento del crédito. Al igual que los resultados reportados en el Gráfico 3, las nuevas estimaciones proporcionan una clara identificación de los episodios de auge. En este modelo con $h = 0$ el umbral estimado es del 39%, la probabilidad de detectar un auge es del 79% y la probabilidad de no tener falsas alarmas es del 92%. Todos los episodios son identificados, excepto por el primero en México y el segundo en Chile.

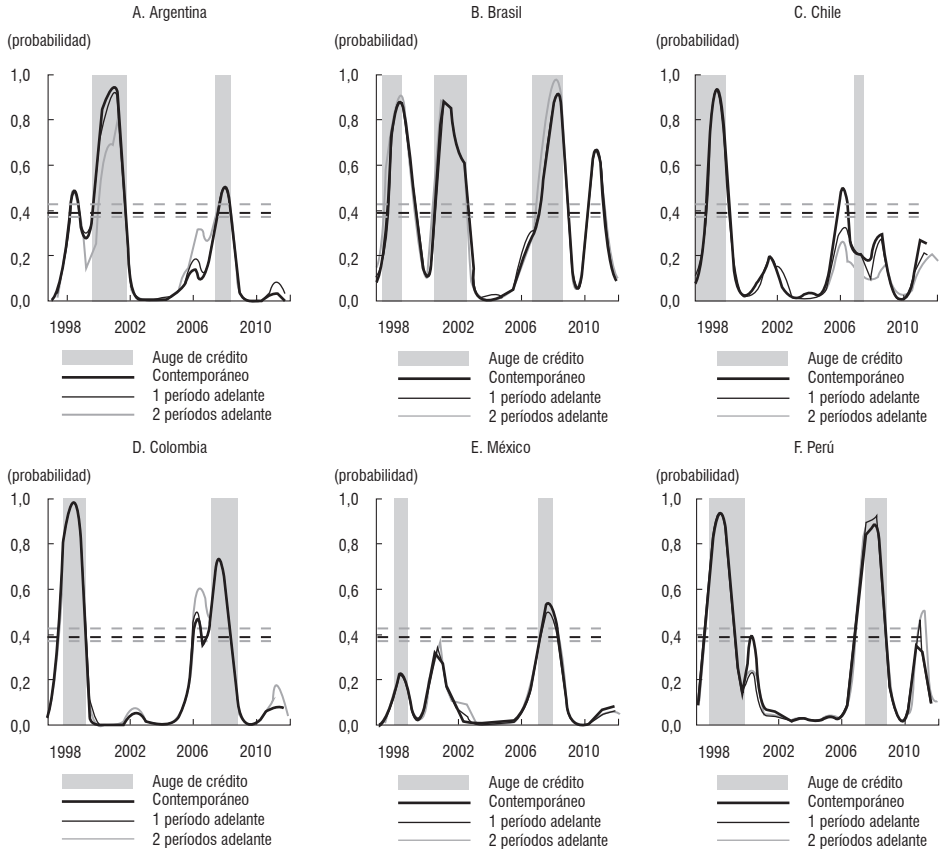
En general, las probabilidades BMA para $h = 1, 2$ anticipan los episodios de auge. En particular, el indicador de alerta temprana anticipa el primer auge de Brasil, de Colombia, de Perú y de Argentina; sin embargo, el modelo tiene dificultades para generar una alerta sobre el primer episodio de Chile en 1997.

Con respecto al indicador PIP, el panel A en el Cuadro A3.1 muestra que las variables con los valores más altos son los componentes cíclicos del consumo privado (L0, L1), del precio de los activos (L1), de la TCR (L3, L2), de la inversión (L3) y del gasto público (L0). Sin embargo, agregados macroeconómicos, como la realción de los flujos de capital a PIB y la de la cuenta corriente a PIB, ya no están dentro de las variables más relevantes dentro de esta herramienta de alerta temprana. Estos resultados sugieren que la contribución de estas variables dentro de la estimación es ahora capturada por el efecto fijo de cada país.

En un ejercicio final, se calculan de nuevo las probabilidades BMA, considerando un modelo con efectos fijos e incluyendo la tasa de crecimiento del crédito dentro del conjunto de variables explicativas. El Gráfico A3.2 muestra las probabilidades estimadas y sus pronósticos fuera de la muestra para $h = 0$ (línea negra), $h = 1$ (línea gris oscura) y $h = 2$ (línea gris clara). Similar a los resultados anteriores, la línea delgada representa los valores estimados, mientras la línea gruesa ilustra los pronósticos. En general, los resultados se mantienen con respecto a aquellos de ejercicios previos; no obstante, dicho gráfico muestra que el ajuste de los episodios de auge mejora cuando se incluye la tasa de crecimiento. El umbral estimado es 46,2%, y así, la probabilidad de detectar un auge es 79%, mientras la probabilidad de no tener falsas alarmas es 96,5%. Los resultados de la estimación para $h = 1, 2$ anticipan mucho mejor los eventos de auge. A diferencia de los resultados del modelo sin tasa de crecimiento del crédito, las probabilidades estimadas para el segundo auge de Colombia y de México son más altas.

Las principales estadísticas de la estimación para $h = 0$ son reportadas en el panel B del Cuadro A3.1. Los resultados muestran que los agregados macroeconómicos son relevantes en la estimación, aún si la tasa de crecimiento de la cartera se adiciona al conjunto de variables explicativas del modelo. Las variables con la PIP más alta son los precios de los activos (L1), la inversión (L2), la tasa de crecimiento del crédito (L3), el consumo privado (L0) y la TCR (L3). Estas variables y su signo coinciden con los resultados previos. El efecto de los agregados macroeconómicos tal como las relaciones de los flujos de capital a PIB y de la cuenta corriente a PIB, es capturado de nuevo por el efecto fijo de cada país.

Gráfico A3.1
Probabilidad de un auge de crédito: modelo *logit* con efectos fijos y datos de panel



Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A3.1
Modelo *logit* con datos de panel y efectos fijos: análisis bayesiano

Cuadro 2					
Modelo <i>logit</i> con datos de panel: análisis bayesiano					
A. No incluye la tasa de crecimiento del crédito			B. Incluye la tasa de crecimiento del crédito		
Variable	PIP	SIC	Variable	PIP	SIC
Consumo Privado, L0	1,00	1,00	Precio de los activos, L1	1,00	1,00
Precio de los activos, L1	0,99	1,00	Inversión, L2	1,00	0,95
Inversión, L3	0,98	1,00	Tasa de crec. del crédito, L3	1,00	1,00
TCR, L3	0,94	0,01	Consumo privado, L0	1,00	1,00

Cuadro A3.1 (continuación)

Modelo *logit* con datos de panel y efectos fijos: análisis bayesiano

Cuadro 2					
Modelo <i>logit</i> con datos de panel: análisis bayesiano					
A. No incluye la tasa de crecimiento del crédito			B. Incluye la tasa de crecimiento del crédito		
TCR, L2	0,94	0,02	TCR, L3	0,99	0,00
Gasto público, L0	0,75	0,96	Inversión, L3	0,96	0,98
Consumo privado, L1	0,74	0,99	Tasa de crec. del crédito, L2	0,94	0,99
Cuenta corriente, L2	0,67	0,09	Gasto público, L3	0,90	0,95
Gasto público, L1	0,59	0,95	TCR, L2	0,90	0,02
Cuenta corriente, L1	0,57	0,28	Gasto público, L1	0,81	0,97
Cuenta corriente, L3	0,57	0,09	Gasto público, L0	0,81	0,97
PIB, L0	0,56	0,68	Tasa de crec. del crédito, L1	0,79	0,95
Cuenta corriente, L0	0,56	0,32	Cuenta corriente, L0	0,78	0,13
Flujos de capital, L1	0,54	0,85	Cuenta corriente, L1	0,73	0,16
Flujos de capital, L3	0,53	0,94	Cuenta corriente, L2	0,63	0,05

Fuente: elaboración de los autores.

Gráfico A3.2

Probabilidad de un auge de crédito: modelo *logit* con efectos fijos y datos de panel (incluye la tasa de crecimiento del crédito)

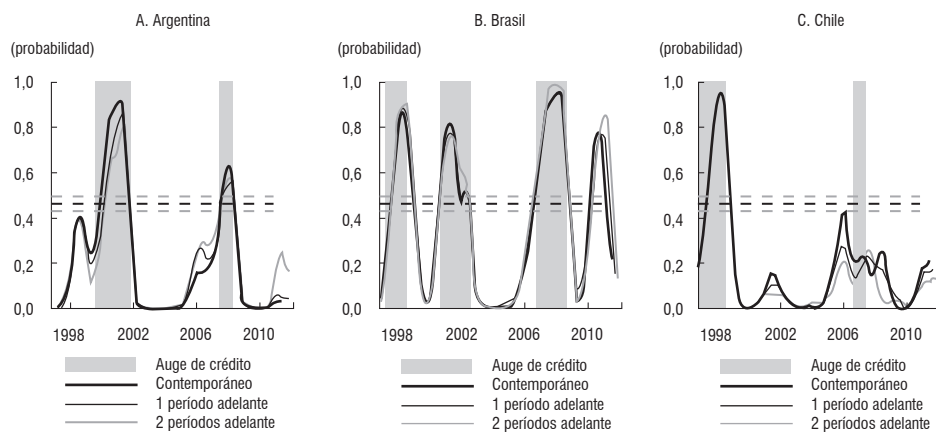
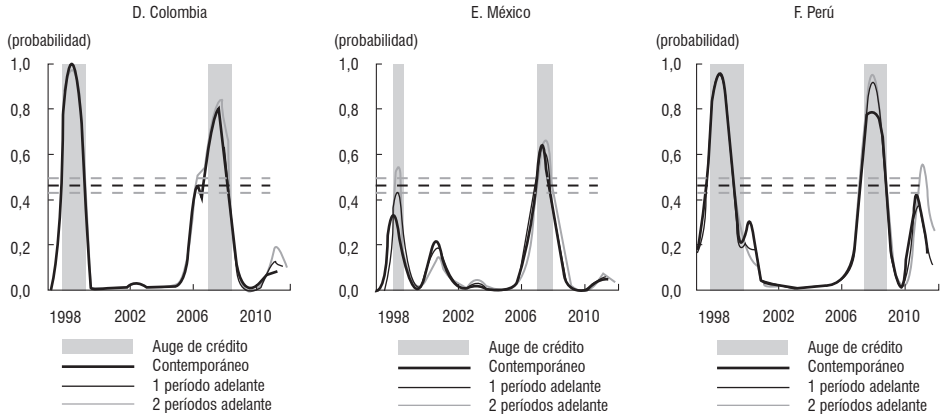


Gráfico A3.2 (continuación)
Probabilidad de un auge de crédito: modelo *logit* con efectos fijos y datos de panel (incluye la tasa de crecimiento del crédito)



Fuente: cálculos de los autores.

10. FRAGILIDAD BANCARIA EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS BASADO EN LAS HOJAS DE BALANCE

Ignacio Lozano
Alexander Guarín*

Desde la crisis financiera de 2007 los temas asociados con la estabilidad financiera han recobrado importancia, especialmente para el diseño de las políticas macroprudenciales. La comprensión de la estructura de fondeo de los préstamos bancarios, los riesgos asociados, el papel del apalancamiento y la identificación temprana de los auges de crédito y sus determinantes, por ejemplo, son cruciales para las autoridades económicas, cuando intentan anticipar episodios de fragilidad y crisis financieras. Para las economías emergentes estos temas son en particular relevantes, entre otras cosas por su mayor integración a los mercados globales.

La literatura empírica sobre estabilidad financiera es muy amplia y abarca un sinnúmero de temas. Por ejemplo, la dinámica del crédito, la medición del ciclo financiero y su relación con las crisis bancarias han sido analizadas por Gourinchas *et al.* (2001), Cerra y Saxena (2008), Jordá *et al.* (2012), Schularick y Taylor (2012) y Borio (2012). A su vez, el vínculo entre los ciclos de crédito y los agregados macroeconómicos ha sido explorado recientemente por Mendoza y Terrones (2008), Hume y Sentance (2009), Bordo y Haubrich (2010), Reinhart y Reinhart (2010), Claessens y Terrones (2012) y Bruno y Shin (2013). Otra parte de la literatura se ha concentrado en la construcción de indicadores de alerta temprana de auges de crédito y crisis bancarias —e. g.: Goldstein *et al.* (2000), Frankel y Saravelos (2010), Drehmann *et al.* (2012), Greenwood *et al.* (2012) y Guarín *et al.* (2014)—. Sobre estos temas llama la atención que los indicadores son

* Los autores son, en su orden, investigador principal de la Unidad de Investigaciones, e investigador del Departamento de Modelos Macroeconómicos, del Banco de la República.

Este documento se benefició de comentarios valiosos de un evaluador anónimo. Los autores expresan su gratitud a Aura García por su asistencia excepcional en el trabajo de investigación, y a Camila Londoño, Diego Martínez y Javier Beltrán por su ayuda en el manejo de las bases de datos. Las opiniones expresadas son de los autores y no representan necesariamente las del Banco de la República ni las de su Junta Directiva. Todos los errores y omisiones son responsabilidad de los autores.

construidos usando, por lo general, información del lado activo de la hoja de balance, es decir, sobre los recursos que los intermediarios prestan a las firmas y a los hogares.

En años recientes han surgido algunos trabajos que asocian la estabilidad financiera con la dinámica de las fuentes de fondeo del sistema bancario —*e. g.*: Damar *et al.* (2010), Huang y Ratnovski (2010), Shin y Shin (2011), Hahm *et al.* (2012a y 2012b) y Hamann *et al.* (2014)—. Se argumenta que, en los períodos de rápido crecimiento del crédito, las fuentes de fondeo tradicionales (los depósitos de los ahorradores) no son suficientes para cubrir la demanda por préstamos bancarios. Como resultado, los bancos hacen uso de las fuentes de fondeo no tradicionales (*e. g.*: crédito externo, emisión de bonos y fondos interbancarios) como fuentes complementarias.

En particular, Shin y Shin (2011) y Hahm *et al.* (2012a y 2012b) señalan que, en economías emergentes con mercados de capitales abiertos (como Corea del Sur), las obligaciones de corto plazo con entidades del exterior y los préstamos en el mercado interbancario han llegado a ser fuentes relevantes de recursos no tradicionales en ciertas fases del ciclo financiero. Además, se ofrece evidencia que indica que el uso creciente de estos recursos aumenta la vulnerabilidad de los intermediarios financieros locales. Por otro lado, Hamann *et al.* (2014) estudian la prociclicidad del apalancamiento financiero en Colombia usando datos de los pasivos no tradicionales de los bancos.

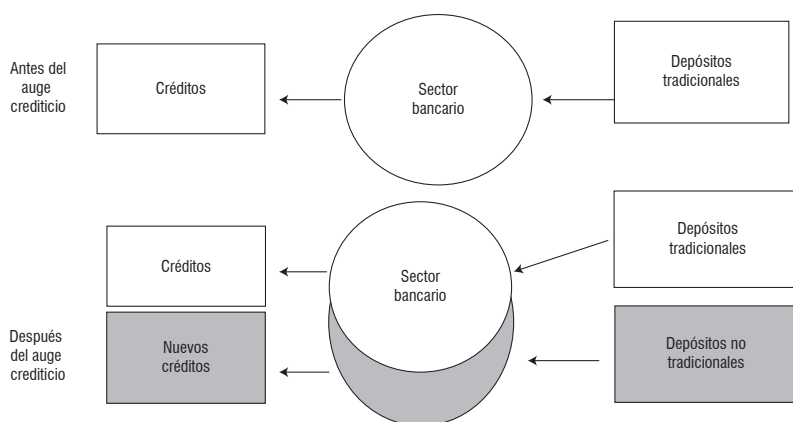
Desde otra perspectiva, Hahm *et al.* (2012a y 2012b) muestran que la composición de los pasivos bancarios podría proporcionar señales valiosas sobre el origen de los auges del crédito, la fragilidad financiera y las crisis bancarias. Así, tendencias crecientes del uso de recursos no tradicionales para fondear el crédito aumentan la exposición del sistema bancario al riesgo. Por consiguiente, el tamaño de los pasivos no tradicionales podría reflejar la dinámica del ciclo financiero y el grado de vulnerabilidad frente a las reversiones del ciclo. Para ilustrar el caso, la Diagrama 1 representa la hoja de balance del sector bancario antes y después de un auge de crédito. Claramente, este diagrama destaca el origen de vulnerabilidades financieras asociadas con el crecimiento del fondeo con recursos no tradicionales.

La revisión de la literatura también indica que la exploración empírica de estas ideas en las economías emergentes ha sido muy limitada. Aparte del caso de Corea del Sur, prácticamente no se ha evaluado en otros mercados la relación que podría existir entre las fuentes de fondeo y la fragilidad de los bancos. No se debe olvidar que Corea del Sur es un caso particular dentro de los países emergentes, debido a la profundidad de su sistema financiero y su grado de integración, cuyos fondos no tradicionales provienen principalmente del crédito externo. En el caso de economías menos abiertas y de menor profundidad, como la colombiana, otro tipo de recursos no tradicionales podrían emerger, como los bonos, los depósitos institucionales hechos por otros intermediarios y las operaciones interbancarias.

A partir de la discusión previa, el objetivo principal de este documento es estudiar la relación empírica entre las fuentes de fondeo del crédito y la vulnerabilidad del sistema bancario colombiano. Esta relación se analiza mediante un ejercicio empírico que estima la probabilidad de estar en una situación de fragilidad bancaria como una función

de las fuentes de fondeo. Los ejercicios econométricos se realizan usando un promedio bayesiano de modelos de regresión logística de una variable *dummy* de riesgo financiero en términos de los recursos de fondeos tradicionales y no tradicionales. La variable *dummy* resume la información de cuatro riesgos distintos: crédito, rentabilidad, solvencia y liquidez. Las estimaciones se efectúan usando datos mensuales de la hoja de balance del sector bancario colombiano en conjunto y de doce bancos por separado entre 1996 y 2013.

Diagrama 1
Los auge de crédito financiados por fondos no tradicionales



Fuente: adaptado de Hahm *et al.* (2012b).

Los resultados muestran que el creciente uso de fondos no tradicionales para sostener la expansión del crédito conduce a episodios de fragilidad bancaria. Dentro de estos, los recursos provenientes del crédito externo, las operaciones interbancarias y la liquidación de inversiones de portafolio son relevantes para identificar la mayoría de estos episodios. Por tanto, el seguimiento de las fuentes de fondeo del crédito en un escenario de políticas macroprudenciales ofrece una herramienta valiosa para prevenir eventos de crisis financieras.

El resto de este documento se organiza como sigue. La sección 1 presenta los hechos estilizados de la dinámica del crédito en Colombia y sus fuentes de fondeo. La sección 2 explica la construcción de nuestra medida de fragilidad financiera, mientras que en la sección 3 se muestran los detalles de la técnica econométrica. En la sección 4 se presentan los principales resultados. Finalmente, la sección 5 ofrece algunas conclusiones.

1. FUENTES DE FONDEO DE LOS PRÉSTAMOS BANCARIOS

1.1 Enfoque contable

Para motivar la relación que puede existir entre las fuentes de fondeo del crédito y la fragilidad bancaria, partimos de la identidad contable de la hoja de balance, y adaptamos algunas de las ideas desarrolladas por Shin y Shin (2011). Por el lado de los agentes que participan en el mercado financiero, se considera un sistema que incluye prestatarios (empresas locales y hogares), prestamistas (hogares que ofrecen recursos tradicionales), bancos (encargados de canalizar recursos de los prestamistas hacia los prestatarios), y otros acreedores (intermediarios locales y externos), cuya función es proporcionar recursos no tradicionales al sector bancario local.

Para escribir la identidad contable del sistema, se asume que existen n bancos locales (indexados por 1, 2, 3, ..., n), y que el sector acreedor de los hogares es representado por $n + 1$. El otro sector acreedor (*i. e.*: otros intermediarios locales y externos) es indexado por $n + 2$. El banco i tiene tres tipos de activos: préstamos a usuarios finales (y_i), un portafolio de títulos locales (s_i), y préstamos a otros prestamistas, los cuales podrían ser agencias dentro del sector bancario, y otros intermediarios (locales y externos). Los préstamos interbancarios son denotados¹ por $\sum x_j \pi_{ji}$, donde x_j representa la deuda total del banco j y π_{ji} es la participación de la deuda del banco j en poder del banco i . Nótese por tanto, que $\pi_{j,n+1}$ es la participación de los pasivos del banco j en poder del sector prestatario de los hogares (*e. g.*: en la forma de depósitos tradicionales), mientras que $\pi_{j,n+2}$ es la parte de los pasivos del banco j en poder de otros prestatarios (*e. g.*: en la forma de recursos no tradicionales). Suponemos, también, que los agentes $n + 1$ y $n + 2$ no se apalancan, por lo que $x_{n+1} = x_{n+2} = 0$.

La identidad de la hoja de balance para el banco i está dada por:

$$y_i + s_i + \sum_{j=1}^n x_j \pi_{ji} = x_i + e_i, \quad (1)$$

que implica que los activos totales (lado izquierdo de 1) son iguales a los pasivos (x_i) más el patrimonio (e_i).

A partir de la agregación de los bancos, la ecuación (1) puede ser expresada como:

$$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n s_i - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_j \pi_{ji} + \sum_{i=1}^n e_i. \quad (2)$$

Si los pasivos, x_i , son divididos en depósitos tradicionales, rd_i (*retail deposits*), y pasivos no tradicionales, wl_i (*wholesale liabilities*), la ecuación (2) es reescrita como:

$$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n rd_i + \sum_{i=1}^n wl_i - \sum_{i=1}^n s_i - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_j \pi_{ji} + \sum_{i=1}^n e_i. \quad (3)$$

1 Nótese que para $i = j$, los préstamos interbancarios son iguales a cero.

Al considerar los pasivos interbancarios, los cuales están implícitamente dentro los pasivos no tradicionales, y los activos interbancarios —ambos en el lado derecho de la ecuación (3)—, es posible calcular las operaciones interbancarias netas como parte de los recursos de fondeo no tradicionales, wf , ($wf_i = wl_i - \sum_{j=1}^n x_j \pi_{ji}$). Luego, la ecuación (3) se reescribe como:

$$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n rd_i + \sum_{i=1}^n wf_i - \sum_{i=1}^n s_i + \sum_{i=1}^n e_i. \quad (4)$$

El lado izquierdo de la ecuación (4) representa los préstamos totales otorgados por el sistema bancario a los usuarios finales. Las fuentes de fondeo disponibles son descritas en el lado derecho de la ecuación. Shin y Shin (2011) enfatizan que la fragilidad financiera está asociada con fuentes de fondeo del crédito, donde los depósitos tradicionales, rd , son típicamente los más importantes. Sin embargo, en los episodios de auge del crédito esa fuente de recursos no es suficiente para atender la demanda por préstamos. En consecuencia, los bancos buscan acceso a los llamados recursos no tradicionales, wf , provenientes de otro tipo de agentes (intermediarios locales y externos). Más allá de lo que la literatura reciente ha señalado, deseamos llamar la atención sobre dos posibles fuentes para el fondeo de los préstamos. La primera corresponde a la liquidación de inversiones, s , para el caso de bancos que poseen títulos en sus portafolios; la segunda proviene del patrimonio, e , en particular, de aquellos recursos que exceden los niveles de reserva requeridos.

En la siguiente sección se mostrará que los riesgos bancarios podrían ser exacerbados cuando los préstamos aumentan aceleradamente (el término y en la ecuación), incrementando así la vulnerabilidad bancaria. Dado que el término y está altamente correlacionado con los riesgos, especialmente en episodios de auge de crédito, se emplearán las variables del lado derecho de la ecuación (4) justamente para evaluar la fragilidad bancaria.

1.2 Fuentes tradicionales y no tradicionales

Los pasivos totales de la hoja de balance del sistema bancario se agrupan en dos categorías: los depósitos tradicionales y los fondos no tradicionales. En principio, los depósitos tradicionales son los pasivos de un banco con acreedores locales no bancarios. La evidencia internacional muestra que estos recursos son la fuente predominante de fondeo de los bancos y crecen a la par con la riqueza conjunta de los hogares (Hahm *et al.*, 2012b; Shin y Shin, 2011). Las cuentas contenidas dentro de los depósitos tradicionales podrían ser identificadas siguiendo el criterio habitual de clasificación de los agregados monetarios. Aquellos incluirían, por consiguiente, los depósitos en cuenta corriente, de ahorro, depósitos a plazo, y los restantes depósitos minoritarios.

No obstante, la distinción entre fondeo tradicional y no tradicional, de acuerdo con la facilidad para realizar las transacciones, no siempre resulta adecuada para capturar la vulnerabilidad de los intermediarios financieros. Shin y Shin (2011) y Hahm *et al.* (2012b) recomiendan considerar otro criterio de clasificación, que esté más asociado con el tipo de agente que proporciona los recursos para fondear el crédito, especialmente para comprender de manera apropiada el papel de los pasivos no tradicionales. La sugerencia impli-

caría moverse hacia un sistema financiero basado en el mercado, en lugar de un fondeo basado en depósitos. Por ejemplo, los acuerdos de recompra (repos) entre instituciones financieras son un caso de fondeo de corto plazo, altamente líquidos, y con implicaciones muy diferentes en cuanto al riesgo. En términos de liquidez, en el otro extremo hay bonos de largo plazo emitidos por bancos que son adquiridos típicamente, aunque no de manera exclusiva, por inversionistas institucionales.

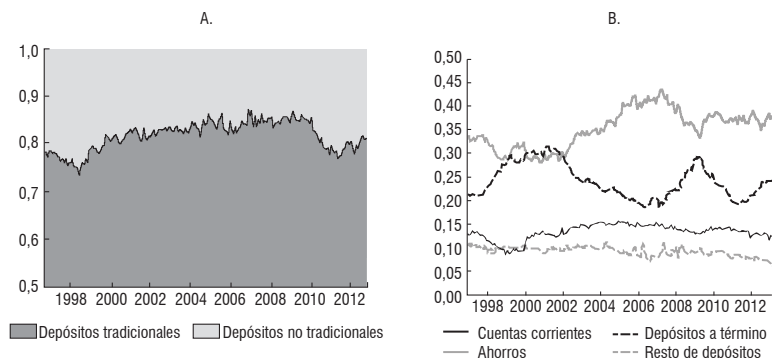
De acuerdo con la disponibilidad de la información para el caso colombiano, los fondos no tradicionales estarían constituidos por la emisión de bonos, los depósitos institucionales de otros intermediarios (*e. g.*: depósitos de bancos de segundo piso), los créditos externos y los pasivos interbancarios de corto plazo (repos y otras operaciones). La emisión de bonos es usada normalmente para financiar proyectos de los propios bancos, pero también podría fondear préstamos de manera eventual. Los recursos de los créditos externos se suelen utilizar para créditos comerciales locales, mientras que las operaciones interbancarias corresponden a operaciones de corto plazo para cubrir necesidades de liquidez.

En este trabajo se usa la hoja de balance del sistema bancario colombiano (que es reportada a la Superintendencia Financiera de Colombia), para analizar las fuentes de fondeo de los bancos. Específicamente, nuestro conjunto de datos contiene información mensual desde diciembre de 1996 hasta marzo de 2013 en dos niveles: del sistema bancario agregado y de bancos individuales. Por restricciones de la información se selecciona un subconjunto de doce bancos, aunque el sector bancario total incluye información de veinticinco entidades. El Anexo 1 resume las fuentes de fondeo del crédito y la definición de cada una, mientras que el Anexo 2 reporta las estadísticas descriptivas de las variables utilizadas.

El Gráfico 1, panel A, muestra el tamaño y la dinámica de los depósitos tradicionales y de los fondos no tradicionales (como participación del pasivo total) durante el período de estudio. Es claro que los depósitos tradicionales son la principal fuente de fondeo del crédito (alrededor del 80%). A su vez, los fondos no tradicionales son minoritarios, más volátiles y su participación fluctúa entre el 10% y 20%. Con respecto a la composición de los depósitos no tradicionales, los depósitos de ahorro son el instrumento financiero más usado por los hogares, seguido por los depósitos a plazo y depósitos a la vista (Gráfico 1, panel B). Nótese que, en promedio, los depósitos de ahorro suman la mitad de los depósitos totales. También, se observa algún grado de sustitución entre los depósitos de ahorro y los depósitos a plazo (CDT), especialmente desde el año 2002. El panel A del Cuadro A2.1 proporciona las estadísticas descriptivas sobre este conjunto de variables.

El Gráfico 2, panel A, muestra la dinámica de los fondos no tradicionales y sus componentes. Contrario a los depósitos tradicionales, estos fondos exhiben una alta volatilidad y ninguno de los componentes es dominante durante todo el período. Al final de los años noventa los fondos no tradicionales registraron el pico más alto (25% de los pasivos totales) y los préstamos externos fueron los más destacados. El papel líder de los préstamos externos ocurre antes de la norma del banco central (Resolución 8 de 2000) que impone restricciones a los intermediarios financieros en relación con su administración.

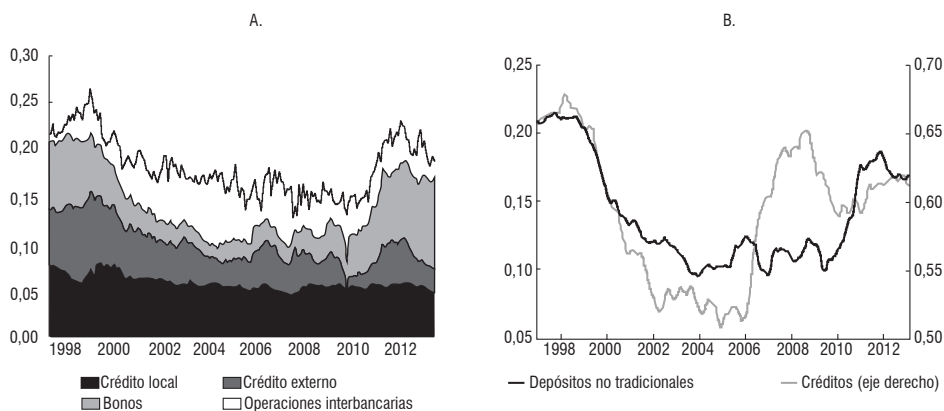
Gráfico 1
Recursos tradicionales y no tradicionales (como porcentaje de los pasivos totales)



Nota: el panel A presenta la dinámica de las fuentes de fondeo, mientras que el B muestra la composición de los depósitos tradicionales.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores

Gráfico 2
Fondos no tradicionales (como porcentaje de los pasivos totales) y crédito (como porcentaje de los activos totales)



Nota: el panel A muestra los componentes de los recursos no tradicionales y el B presenta las dinámicas de dichos recursos frente a las del crédito total.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Posteriormente, los fondos no tradicionales se reducen de manera gradual hasta el 15% a mediados de la primera década del nuevo siglo. Un nuevo pico en estos fondos se observa entre 2010 y 2012 (arriba del 20% del total de pasivos), pero en esta ocasión son los bonos y los depósitos de otros intermediarios (depósitos de bancos de segundo piso) los que explican la mayor parte. La participación más baja del crédito externo ocurre en la segunda parte de dicha década y podría estar asociada con varias medidas fijadas por el banco central en 2007 para evitar la entrada excesiva de flujos de capital, justamente en un período de expansión del crédito. En particular, el banco central hizo uso de los requerimientos de reserva marginal, cambiando la tasa del 0% al 27%. Esta medida fue eliminada en 2008 como respuesta a la crisis financiera global.

El panel B del Gráfico 2 es muy interesante: compara la dinámica de los préstamos totales otorgados por los bancos (como porcentaje de los activos totales) y la dinámica de los fondos no tradicionales (como porcentaje de los pasivos totales). Los préstamos incluyen créditos a empresas para propósitos comerciales, préstamos para consumo de los hogares, hipotecas y microcréditos (estos últimos son préstamos a firmas muy pequeñas). Ambas series parecen tener una alta correlación positiva, al menos hasta 2006. De ahí en adelante las series divergen, quizá porque los bancos encontraron otras fuentes de fondeo.

1.3 Fondeo mediante la liquidación de inversiones

Una fuente alternativa de fondeo de los préstamos proviene de la liquidación de inversiones de portafolio, esto para el caso de los bancos que mantienen cuantías importantes en este tipo de activos. La razón por la cual los bancos mantienen papeles de inversión no se aborda en este documento. Sin embargo, así como los bancos rebalancen sus riesgos mediante la concesión de préstamos a diferentes plazos y mediante diversas actividades, es razonable que en la práctica también mantengan parte de sus activos en bonos soberanos, acciones corporativas y en otros títulos. Lo que es importante destacar aquí es que en ciertas coyunturas, eventualmente puedan liquidar este tipo de inversiones para fondear el crecimiento del crédito. El Gráfico 3, panel A, muestra la participación de los títulos en el total de los activos bancarios, la cual no es estable y se mueve entre el 10% a finales de los años noventa, y 35% para mediados de la siguiente década. Nótese que entre enero de 2000 y julio de 2006, el valor de las inversiones de portafolio mostró cambios significativos, asociados posiblemente con las decisiones de incrementar o liquidar tenencias para fondear los préstamos bancarios, además con valorizaciones (y desvalorizaciones) en los precios de los activos líderes.

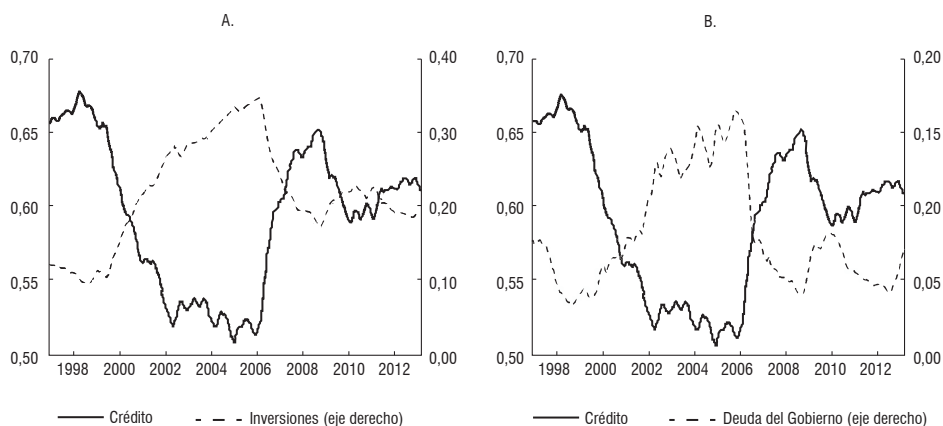
Para explorar más de cerca este tema, el panel B muestra la evolución de los préstamos totales frente a las inversiones en títulos soberanos (TES, el principal título comprado por los bancos)². Este gráfico ilustra la tendencia claramente opuesta de estos dos activos del sistema bancario (*i. e.*: el sistema bancario presumiblemente usa recursos de la venta de sus inversiones en títulos de renta fija para fondear los préstamos). Así,

2 Ambos como porcentaje de los activos totales. Las tendencias se mantienen cuando se usa como referente el agregado monetario M2.

mientras los préstamos disminuyeron de manera progresiva en la primera parte de los años dos mil, las inversiones de los bancos en títulos de tesorería se incrementaron. Como hemos notado, las tendencias cambian abruptamente en la mitad de la primera década del nuevo siglo, cuando el crédito aumenta y, a la par, las inversiones se reducen. La recomposición de activos de los bancos registrada en la segunda parte de dicho decenio corresponde, al parecer, a un cambio de estrategia por parte de los bancos, en la cual la liquidación de inversiones de portafolio es usada para fondear nuevos créditos. Estos hechos fueron reconocidos por el reporte del banco central de marzo de 2007³.

Gráfico 3

Títulos y préstamos del sistema bancario (como porcentaje de los activos totales)



Nota: este gráfico muestra la dinámica del crédito y de las inversiones en títulos. El panel A incluye todos los títulos, mientras que el B presenta solo las inversiones en bonos soberanos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

La evidencia internacional sugiere que los bancos comerciales incrementaron la consecución de fondos no tradicionales para complementar los depósitos tradicionales como resultado de la competencia por el ahorro de los hogares con agencias de inversión alternativas, tal como los fondos mutuos, productos de seguros de vida, etc. (Huang y Ratnovski, 2010). La literatura reciente en los Estados Unidos y Europa también enfatiza que los bancos pueden usar fondos no tradicionales para expandir los préstamos, lo cual podría terminar comprometiendo la calidad del crédito (Agur, 2013). La hipótesis

3 De hecho, el *Reporte de Estabilidad Financiera* del Banco de la República de marzo de 2007 dice que “[...] los establecimientos de crédito restauraron sus activos en favor de los préstamos [...] tal que la participación de los préstamos dentro de los activos totales aumentó del 50% al 58% entre diciembre de 2005 y 2006, mientras la participación de las inversiones (de las cuales los títulos de deuda pública representan un 62%) fue reducida de 32% a 24% [...]”, p. 7.

que nosotros exploramos en este documento es que los fondos no tradicionales pueden incrementar la fragilidad de los bancos, especialmente en fases de alta expansión del crédito; sin embargo, para la evaluación empírica de esta hipótesis se requiere, primero, definir el concepto de fragilidad financiera.

2. FRAGILIDAD FINANCIERA

Para caracterizar empíricamente los episodios de fragilidad financiera, se construye un indicador que tiene por objetivo capturar los diversos riesgos a los cuales están expuestas las entidades bancarias. Este indicador se define mediante una variable dicótoma que reflejará los períodos en los que un riesgo particular, o algunos de ellos, generan una situación frágil para los bancos. Como se analizará en la sección, la construcción de dicha variable es crucial para el desarrollo de la estrategia empírica. El indicador es construido tanto para el sector bancario agregado como para cada uno de los bancos seleccionados.

Cuatro tipos de riesgo son tomados en cuenta: riesgo de crédito, riesgo de liquidez, riesgo de rentabilidad y riesgo de solvencia⁴. A su vez, cada riesgo es medido por dos indicadores. El riesgo de crédito, por medio de las relaciones de préstamos vencidos a cartera total y préstamos improductivos a cartera total. El riesgo de liquidez, con la razón de depósitos a préstamos brutos, y la razón de pasivos no cubiertos (RPNC). El riesgo de rentabilidad incluye las medidas del retorno sobre los activos (ROA) y el retorno sobre el patrimonio (ROE). Finalmente, se incluyen los riesgos de solvencia y apalancamiento, los cuales capturan la habilidad de una entidad para cumplir sus compromisos de largo plazo y fondear sus proyectos, respectivamente. El Anexo 1 resume la definición de cada riesgo y su fuente específica; el Anexo 2 reporta las estadísticas descriptivas de este conjunto de variables.

Con respecto a los datos, es importante anotar que los bancos seleccionados en la muestra han sufrido fusiones y adquisiciones y que el formato estadístico que captura la información también ha cambiado a lo largo del período (e. g.: cambios de definiciones de las cuentas y la creación/cancelación de ítems). Por tanto, se han requerido ajustes estadísticos a las series originales con el fin de hacer los datos coherentes⁵. Las series de tiempo fueron desestacionalizadas. Los riesgos financieros a los que está expuesto el sistema bancario, y que se tuvieron en cuenta para la construcción de la variable dicótoma, se muestran en el Gráfico 4.

4 Infortunadamente, por restricciones de la información, no fue posible construir el riesgo de mercado para cada banco y, por tanto, por consistencia del ejercicio no usamos este indicador para todo el sector bancario. No obstante, los demás riesgos financieros podrían capturar indirectamente la exposición y percepciones del riesgo de mercado.

5 Se realizan dos grandes cambios: primero, las series fueron ajustadas para tomar en cuenta un arreglo en el plan de cuentas (Plan Único de Cuentas) desde el año 2002. Segundo, tomamos como referencia un documento interno del Banco de la República para la historia cronológica de fusiones y adquisiciones entre bancos.

Para construir el indicador de fragilidad financiera, nuestra técnica inicia por descomponer cada riesgo en su tendencia y en su componente cíclico, para lo cual se usa el filtro de Christiano y Fitzgerald (Christiano y Fitzgerald, 2001). Este filtro evita “el problema de las colas” de la muestra, principal crítica al filtro de Hodrick y Prescott y, además, es más flexible para trabajar con series de alta frecuencia. La técnica descrita nos permite identificar tanto las fases más altas como las más bajas de cada variable. Así, los períodos para los cuales el componente cíclico de un riesgo es muy alto, corresponderán a situaciones donde uno o varios riesgos se incrementaron más allá de su nivel o tendencia natural. Consideramos, por consiguiente, que los picos altos de cada serie están asociados con períodos de alta exposición al riesgo, que conlleva a episodios de aumento en la fragilidad.

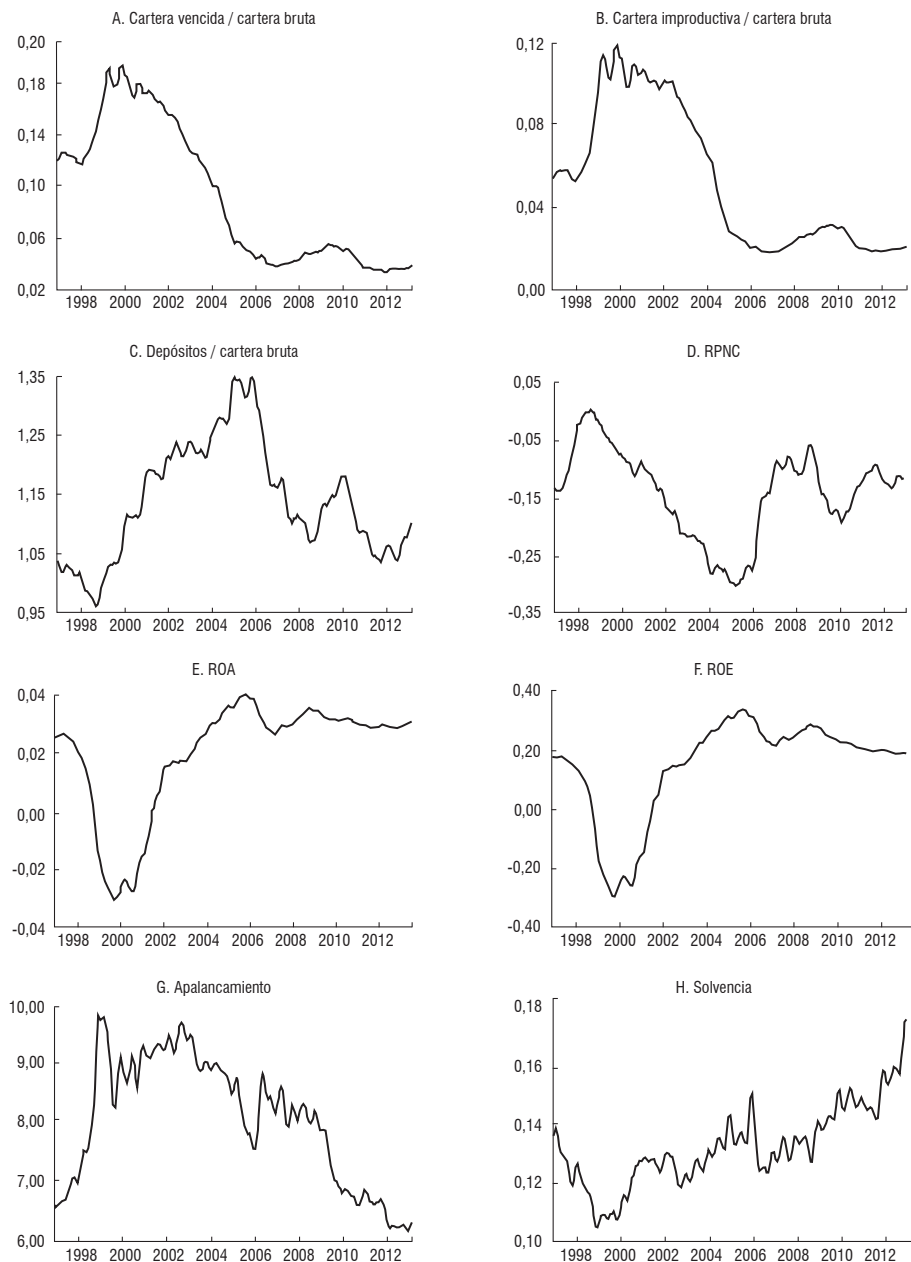
Es preciso recordar que los riesgos evalúan diferentes aspectos de la “salud” de los bancos. Para encontrar un patrón común entre ellos, de manera que se obtengan episodios de fragilidad, usamos el análisis de componentes principales (PCA, por su sigla en inglés). En particular, se estima el PCA sobre el componente cíclico de cada uno de los ocho riesgos descritos⁶. Los componentes principales son rotados usando la técnica de Varimax para obtener una mejor interpretación económica de nuestros resultados. Una vez se completa la rotación, se selecciona el número de componentes principales (PC) que serán usados para construir nuestra variable *dummy* de fragilidad financiera⁷. El Cuadro 1 reporta la varianza acumulada hasta el 3-PC, el cual conjuntamente explica el 85% de la varianza total de los datos y se incluye el papel de todos los riesgos.

En el último paso se define la fragilidad bancaria como aquella situación donde los PC calculados están por encima de un umbral (Gráfico 5). Así, la variable *dummy* tomará el valor de 1 para los episodios de fragilidad y 0 en cualquier otro caso. El umbral es fijado (*ad hoc*) usando un cuantil del 90% para cada PC. El primer PC es un índice que toma los riesgos de crédito y de apalancamiento. El segundo PC captura la influencia de los riesgos de liquidez y solvencia, mientras el tercer PC incorpora el riesgo de rentabilidad. Para comprobar la robustez de esta aproximación, también calculamos nuestra *dummy* de fragilidad bancaria usando cuantiles alternativos (95% y 85%), sin encontrar diferencias sustanciales en los resultados con ambos criterios.

6 Nótese que se estiman los componentes principales sobre los componentes cíclicos de las series, y no viceversa. Lo anterior, porque las series originales no son estacionarias y, por ende, el análisis no sería correcto.

7 En general, la *dummy* de fragilidad bancaria de todos los ejercicios empíricos considera dos o tres componentes principales que capturan alrededor del 80% y 90% de la varianza de los datos.

Gráfico 4
Indicadores de riesgos financieros: sistema bancario



Nota: este gráfico muestra los ocho riesgos financieros usados para caracterizar la fragilidad financiera del sector bancario agregado. Estos indicadores fueron ajustados estacionalmente. Para propósitos gráficos, se presentan las series suavizadas con promedios móviles centrales. El periodo es de diciembre de 1996 a marzo de 2013.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

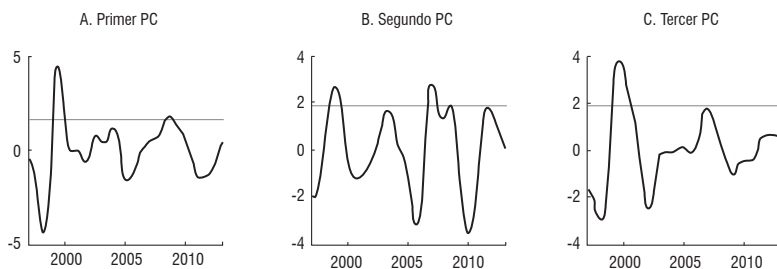
Cuadro 1**Análisis de componentes principales (PC) sobre los riesgos financieros**

Variable	Varianza acumulada hasta el <i>n</i> -ésimo PC (porcentaje)		
	Primero	Segundo	Tercero
Riesgos	30,7	59,7	85,2

Nota: este cuadro reporta la varianza acumulada, que es explicada por los tres primeros componentes principales. El análisis se hace sobre el componente cíclico de los ocho riesgos financieros.

Fuente: cálculos de los autores.

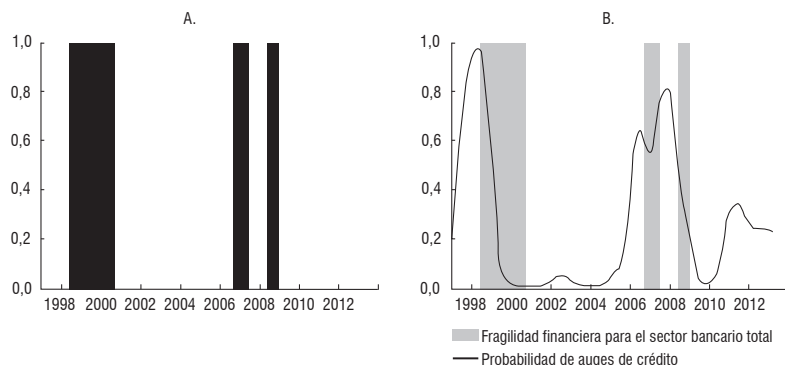
El panel A del Gráfico 6 muestra los episodios de fragilidad financiera para el sistema bancario agregado (áreas negras), mientras que el panel B compara dichos episodios con la probabilidad de auges de crédito. Durante el período de estudio se distinguen tres eventos de alta fragilidad financiera. El primero entre 2000 y 2002, que parece estar asociado con la recesión de la economía colombiana. El segundo, que coincide con la fase de expansión del crédito: 2006 a 2007, y la restricción de capitales forzada por el banco central. El tercer episodio (2009), que parece estar relacionado con la caída de la rentabilidad en el sector, la expansión del crédito en 2008 y, en algunos casos, problemas de liquidez. Siguiendo las conjeturas de Shin y Shin (2011), no sorprende que estos períodos de alta fragilidad en los bancos estén asociados con momentos de expansión del crédito (panel B). Los resultados para cada banco son mostrados más adelante.

Gráfico 5**Componentes principales de los riesgos financieros: sistema bancario**

Nota: este gráfico muestra los tres primeros componentes principales y el umbral definido, con el fin de establecer cuándo la variable *dummy* de fragilidad debe tomar el valor de 1.

Fuente: cálculos de los autores

Gráfico 6
Episodios de fragilidad financiera y auges de crédito



Nota. este gráfico muestra la *dummy* de fragilidad financiera para el sector bancario total (panel A) y la compara con la probabilidad de auges de crédito encontrada por Guarín *et al.* (2014) en el panel B.

Fuente: Guarín *et al.* (2014); cálculos de los autores.

3. EL MODELO

Para estimar la probabilidad de que el sistema bancario agregado, o un banco particular, esté en una situación de fragilidad financiera, se utiliza el promedio bayesiano de modelos de regresión logística⁸. Dicha situación es determinada, en particular, por las diversas fuentes de fondeo de préstamos. El modelo considerado es:

$$v_t = \alpha + x_t \beta + \varepsilon_t \quad t = 1, \dots, T \quad (5)$$

donde $v_t = 1$ si hay fragilidad financiera en el mes t y $v_t = 0$ en cualquier otro caso; α es el intercepto; β es un vector de parámetros de dimensión $R \times 1$; ε_t es el término de error y X_t , de dimensión $T \times R$, representa el conjunto de variables que recoge las diferentes fuentes de fondeo del crédito. Para capturar algunos factores macroeconómicos que afectan la vulnerabilidad financiera por fuera de la hoja de balance, se incluye un indicador líder de la actividad económica, z_t , como variable de control. Al tomar en cuenta las variables de la ecuación (4) de la sección 1, se puede reescribir (5) como

$$v_t = \alpha + [rd_t, wf_t, -s_t, z_t] \beta + \varepsilon_t \quad t = 1, \dots, T \quad (6)$$

⁸ Esta técnica es usada por Guarín *et al.* (2014) para estimar la probabilidad de un auge de crédito en las economías emergentes de América Latina.

donde rd_t y wf_t son los fondos minoristas y fondos mayoristas, respectivamente (ambos como participaciones de los pasivos totales), y s_t es el valor del portafolio financiero (como participación de los créditos totales)^{9, 10}.

Si llamamos a $p(v_t = 1|\theta; rd_t, wf_t, s_t, z_t)$ como la probabilidad de estar en una situación de fragilidad financiera en el tiempo t , entonces:

$$p(v_t = 1|\theta; rd_t, wf_t, s_t, z_t) = F(\alpha + [rd_t, wf_t, s_t, z_t]\beta) \quad (7)$$

donde $\theta = [\alpha' \beta']$ y F es la función de distribución logística.

Para tratar simultáneamente la incertidumbre del modelo y de los parámetros, se usa la técnica *bayesian model averaging* (BMA) siguiendo a Guarín *et al.* (2014), quienes, a su vez, se basan en Raftery (1995) y Raftery *et al.* (1997). El conjunto de datos es denotado por D , y $M = [M_1, \dots, M_k]$ es el conjunto de todos los modelos. Así, M_k es el k -ésimo modelo que considera un subconjunto de variables, cuyo tamaño es menor o igual a R , y θ^k es su vector asociado de parámetros.

Reescribiendo (7) en un contexto de BMA, se obtiene:

$$p^{BMA}(v_t = 1|D) = \sum_{k=1}^K \int p(v_t = 1|\theta^k, M_k; D) p(\theta^k, M_k|D) d\theta^k \quad (8)$$

donde $p(\theta^k, M_k|D)$ es la probabilidad posterior conjunta, y la ecuación, como un todo, es un promedio ponderado de las probabilidades en la ecuación (7). Estos pesos son dados por $p(\theta^k, M_k|D)$.

El algoritmo *reversible jump Markov chain Monte Carlo* (RJMCMC), introducido por Green (1995), es usado para estimar la probabilidad BMA en la ecuación (8) —para detalles adicionales véase Hoeting *et al.* (1999), Brooks *et al.* (2003) y Green y Hastie (2009)—.

Finalmente, para calcular el valor de la probabilidad BMA que define los episodios de fragilidad financiera, fijamos un umbral $\tau \in [0,1]$ que resulta del siguiente problema de minimización:

$$\text{Min } \phi(\tau) \text{ sujeto a } \gamma(\tau) \leq \bar{\gamma} \quad (9)$$

$$\tau \in [0,1]$$

donde $\phi(\tau)$ es la fracción de falsas alarmas de fragilidad financiera, $\gamma(\tau)$ es la fracción de situaciones de fragilidad financiera no detectadas y $\bar{\gamma}$ es el máximo valor de γ admitido por el hacedor de política.

9 También, se usaron las variables rd y wf como proporción de M2. Aunque no se muestran los resultados, estos no cambian significativamente.

10 Dejamos fuera de la estimación la variable (e_t) de la ecuación (4) como una fuente de fondeo, dado que su inclusión (definida como el total de los pasivos, o alternativamente como los pasivos que exceden el nivel de reservas legales) genera problemas estadísticos que llevan a un sobreajuste del modelo. En el caso en el que se restringe su signo a positivo, como es esperado, hace que el ejercicio pierda robustez en el signo de las otras variables.

Los valores de $\phi(\tau)$ y $\gamma(\tau)$ son calculados como proporciones del número total de observaciones en la muestra; es decir:

$$\phi(\tau) = \frac{\sum_{t=1}^T 1\{(\hat{v}_t(\tau) = 1) \wedge (v_t = 0)\}}{T} \quad (10)$$

$$\gamma(\tau) = \frac{\sum_{t=1}^T 1\{(\hat{v}_t(\tau) = 0) \wedge (v_t = 1)\}}{T}, \quad (11)$$

Donde $1_{\{.\}}$ es una variable *dummy* igual a 1 si la condición $\{.\}$ es satisfecha, y 0 en cualquier otro caso. La variable $\hat{v}_t(\tau)$ es definida como:

$$\hat{v}_t(\tau) = \begin{cases} 1 & \text{si } p(v_t = 1 | \theta^k, M_k; D) \geq \tau \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases} \quad (12)$$

Nótese que, para una probabilidad dada $p(v_t = 1 | \theta, M_k; D)$, el número de períodos estimados de fragilidad financiera depende del umbral τ . Si es muy pequeño, entonces se tendrán muchas situaciones de fragilidad que podrían ser falsas alarmas. Por el contrario, si τ es muy grande, entonces se tendrá situaciones de pocas alarmas y la probabilidad de tener períodos no detectados de fragilidad financiera será más grande.

4. RESULTADOS

Antes de presentar los resultados, es preciso subrayar ciertos detalles técnicos. La probabilidad de estar en una situación de fragilidad financiera en la fecha t es estimada a partir de un conjunto de datos $[v_t, x_t]$, donde la variable dependiente v_t corresponde al indicador calculado en la sección 2. El conjunto de regresores x_{it} incluye tanto las variables contemporáneas como los primeros seis rezagos de cada una. Las estimaciones BMA son realizadas por medio de una cadena de Markov, usando el algoritmo de Metropolis Hastings. La cadena considera la simulación de 220.000 saltos de parámetros y modelos por medio del método RJMCMC. Los primeros 20.000 modelos de la cadena son eliminados para evitar ruido, debido al nivel inicial de la estimación. Por otra parte, se asume una *prior* para la probabilidad del modelo $p(M_k) = 1/k$, para todo $k = 1, \dots, K$, y la distribución *prior* de θ^k es $\mathcal{N}(0^k, 10 \mathbf{I}^k)$ donde el vector cero, 0^k y la matriz identidad, $\mathbf{I}^k$, cambian su tamaño con el modelo M_k . La probabilidad del umbral τ es calculada con la solución del problema de minimización (9), con un valor máximo de períodos de fragilidad no detectados γ igual a 5% de observaciones en nuestra muestra. Al final de esta sección, también se presentan resultados empíricos para el modelo *logit* con datos panel y efectos fijos, usando una versión adaptada de la ecuación (7).

4.1 Sector bancario agregado

En el primer ejercicio se estima la regresión logística BMA (7) para el sector bancario en su conjunto. Los parámetros BMA permiten estimar la probabilidad de estar en una situación de fragilidad financiera. El Gráfico 7 muestra los resultados. La línea sólida desplegada entre 1996 y 2013 muestra los valores estimados de la probabilidad, las áreas grises corresponden a los periodos de fragilidad financiera previamente identificados a partir de los indicadores de riesgo, y la línea discontinua define el umbral, el cual es estimado en 33%. Con este umbral, la probabilidad de detectar episodios de fragilidad financiera es de 88%, mientras que la probabilidad de no tener falsas alarmas es 82%.

Los resultados exhiben un excelente ajuste entre la probabilidad estimada y los periodos de fragilidad identificados a partir de los riesgos, y este ajuste es por lo general bastante rápido. Esto significa que la probabilidad toma valores altos en las áreas grises, mientras que es cercana a cero en los otros casos. La probabilidad BMA, que depende de las fuentes de fondeo de los créditos, identifica siete episodios de fragilidad financiera en los doce años de estudio. Lo que es sorprendente es que tres de ellos no son capturados por la variable *dummy* basada en riesgo: a mediados de 2003, en 2004 y, con una probabilidad más alta, al final de 2011. Estos resultados son muy importantes, ya que sugieren que durante estos tres episodios el sistema bancario exhibió un grado significativo de vulnerabilidad a través de sus fuentes de fondeo, pero dichos eventos no fueron capturados por los riesgos estándar. Basados en estos resultados, monitorear las fuentes de fondeo bancario mediante la técnica empleada podría ser una herramienta para evaluar el estado de fragilidad del sistema. Esta sugerencia es la principal implicación de política que se desprende de este trabajo.

La probabilidad identifica dos episodios de fragilidad bancaria al final de los años noventa. El primero ocurre entre la segunda mitad de 1998 y a comienzos de 1999. Estos eventos coinciden con el auge de crédito identificado por Guarín *et al.* (2014). Luego, la probabilidad se redujo a menos del 20%. Subsecuentemente, hay un aumento en la probabilidad a valores muy altos, mostrando nuevos episodios de fragilidad, a saber: entre la segunda mitad de 1999 y el último trimestre de 2000. Estos dos episodios también son capturados por la variable *dummy* y están asociados con una de las peores recesiones de la economía colombiana.

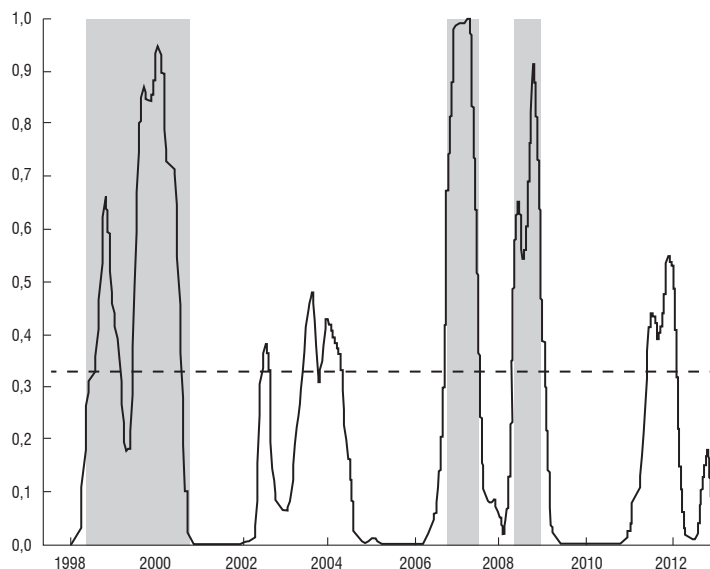
En la primera mitad de los años dos mil, la probabilidad BMA encuentra nuevos episodios de fragilidad bancaria; sin embargo, ellos no son capturados por la variable *dummy* basada en los riesgos. El primero tiene un pico en el tercer trimestre de 2002, el cual podría estar asociado con el incremento en el riesgo de mercado, debido a problemas de liquidez que se presentaron en el mercado de deuda pública. El segundo pico se presenta entre la segunda mitad de 2003 y el primer semestre de 2004, y parece estar relacionado con una expansión del crédito. Una mirada a los fondos no tradicionales muestra que ambos episodios están claramente dominados por las operaciones interbancarias. En el primero, los recursos externos también desempeñan un papel importante, resultado del proceso de recuperación y los altos niveles alcanzados por la tasa de cambio.

Entre mediados de 2006 y 2007 un nuevo episodio de fragilidad (el quinto) es capturado por la probabilidad. Este se caracteriza por una fuerte expansión en el crédito y las entradas de flujos de capital. El banco central de Colombia tomó medidas precaute-

lativas para compensar sus efectos: el Banco de la República incrementó los niveles de reserva marginal bancaria para mitigar los efectos de las entradas excesivas de capital. El siguiente episodio de fragilidad ocurre en la segunda mitad de 2008. Este está asociado con los efectos colaterales de la crisis financiera internacional, los cuales también tuvieron impacto en las demás economías latinoamericanas. Con respecto a los últimos años, la probabilidad identifica un nuevo episodio de fragilidad entre la segunda mitad de 2011 y el primer trimestre de 2012. Una vez más, la variable *dummy* basada en los riesgos no es capaz de capturar este episodio, el cual es asociado principalmente con una fuerte expansión en el crédito, junto con entradas de capital y altos precios de los activos. No sorprende que en este caso, los recursos externos sean la principal fuente de fondeo no tradicional que eleva la probabilidad.

Gráfico 7

Fragilidad financiera estimada: sector bancario



Nota: este gráfico muestra la probabilidad de fragilidad financiera estimada para el sector bancario hasta 2013. Las áreas grises representan la variable *dummy* construida usando los riesgos descritos en la sección 2.

Fuente: cálculos de los autores.

El Cuadro 2 reporta la probabilidad de inclusión (*posterior inclusion probability: PIP*), la media, la desviación estándar y la certidumbre del signo, para todas las variables seleccionadas por la metodología BMA como determinantes de la probabilidad¹¹. Se

11 La PIP se refiere a la probabilidad de que una variable sea incluida en los modelos. La certidumbre del signo presenta la probabilidad de que el coeficiente estimado sea positivo.

denota el valor contemporáneo y los i rezagos de cada variable, como L_i . El cuadro muestra las estadísticas para las veinte variables con los valores PIP más altos. De acuerdo con este criterio, las variables más importantes en la estimación son el crédito externo (L1), el índice de actividad económica (L5), las operaciones interbancarias (L4, L6, L5), la liquidación de inversiones de portafolio (L4, L2, L1) y la emisión de bonos (L0).

Cuadro 2
Regresión logística BMA: sistema bancario

Variable	Rezago	PIP	Media	Desviación estándar	Certidumbre del signo
C		1,00	-3,69	0,66	0,00
Crédito externo	L1	1,00	3,83	0,73	1,00
Actividad económica	L5	1,00	-1,26	0,24	0,00
Operaciones interbancarias	L4	0,96	1,87	0,69	1,00
Inversiones	L4	0,86	-0,48	0,26	0,00
Emisión de bonos	L0	0,84	-2,93	1,63	0,00
Operaciones interbancarias	L6	0,72	0,55	0,46	1,00
Operaciones interbancarias	L5	0,37	0,42	0,70	1,00
Inversiones	L2	0,35	-0,09	0,17	0,00
Inversiones	L1	0,34	-0,03	0,07	0,00
Operaciones interbancarias	L1	0,29	0,02	0,07	1,00
Inversiones	L5	0,24	-0,03	0,11	0,00
Operaciones interbancarias	L3	0,20	0,09	0,34	1,00
Emisión de bonos	L1	0,17	-0,54	1,29	0,00
Inversiones	L3	0,17	-0,09	0,24	0,00
Crédito externo	L5	0,07	0,01	0,06	1,00
Crédito externo	L6	0,06	0,01	0,09	1,00
Crédito externo	L3	0,05	0,00	0,04	1,00
Crédito externo	L4	0,05	0,01	0,09	1,00
Operaciones interbancarias	L2	0,03	0,00	0,04	1,00
Emisión de bonos	L2	0,03	-0,05	0,32	0,00
Crédito de otros intermediarios.	L0	0,02	0,02	0,18	0,91

Nota: este cuadro muestra las variables más importantes, en promedio, para las regresiones logísticas del sector bancario total, su probabilidad de inclusión, media y desviación estándar de la distribución posterior, y su probabilidad de ser positivo.

Fuente: cálculos de los autores.

Las fuentes de fondeo no tradicionales, como el crédito externo, las operaciones interbancarias y el crédito de otros intermediarios locales, impactan positivamente la probabilidad de fragilidad, tal como se esperaba. Por el contrario, un aumento en las inversiones de

portafolio, la emisión de bonos, y la actividad económica, tienen un efecto negativo sobre dicha probabilidad. El uso de títulos tiene el signo esperado (véase la ecuación 6), confirmando la hipótesis de que el sistema bancario liquida las inversiones en renta fija para fondear los préstamos, cuando este se expande.

Con respecto al signo negativo de la actividad económica, presumimos que es el esperado, puesto que en medio de una recesión, por ejemplo, el ingreso de los hogares se ve negativamente afectado, por lo que los prestatarios tendrían dificultad para pagar sus deudas, incrementándose así la vulnerabilidad del sector bancario (es decir, la caída de la actividad se asocia con un aumento de la fragilidad). La variable tiene un rezago estadísticamente significativo de seis meses, que sería un tiempo razonable entre la caída del ingreso de los hogares y el abandono de sus obligaciones. También, presumimos que el signo de la emisión de bonos está asociado con la solidez de las entidades financieras; es decir, que los bancos emitirían bonos particularmente cuando ellos están buscando fuentes de fondeo para expandir su negocio (emprender nuevos proyectos), en lugar de emitir bonos para fondear nuevos préstamos. Un resultado no menos importante tiene que ver con que los depósitos tradicionales no aparecen como determinantes de la probabilidad BMA. Retomando la literatura, esto es así porque en períodos de expansión de los préstamos (y de fragilidad), dichos fondos no son suficientes para cubrir la demanda por préstamos bancarios. Consecuentemente, los bancos hacen uso de fondos no tradicionales (mayoristas) más que de depósitos tradicionales o minoristas.

El Gráfico 8 muestra qué tan importantes son las variables en los cincuenta mejores modelos, de acuerdo con las probabilidades más altas. Los modelos se muestran sobre el eje horizontal, ordenados de izquierda a derecha por importancia, y la probabilidad posterior del modelo en el eje vertical, ordenada por la PIP. Los cuadros sombreados muestran las variables incluidas en cada modelo y su signo esperado. El color gris claro representa una variable positiva, mientras que el gris oscuro, una negativa. El modelo con la probabilidad más alta incluye nueve variables; con signo positivo: el crédito externo (L1) y las operaciones interbancarias (L4, L6, L1, L3) y, con signo negativo: la actividad económica (L5), la emisión de bonos (L0), y los títulos de inversión (L4, L1). Además, las variables parecen mantener sus signos a lo largo de todos los modelos en los que son incluidas. El gráfico sugiere la convergencia de la técnica BMA. Los modelos en la parte derecha consideran la posibilidad de usar una gran cantidad de variables, mientras que los modelos con mayor probabilidad (en la parte izquierda) sólo utilizan las variables más relevantes.

- *Predicción de los episodios de fragilidad financiera*

El ejercicio empírico puede ser utilizado para predecir la probabilidad de corto plazo de estar en un episodio de fragilidad financiera en la fecha $t + h$, basado de manera exclusiva en la información de las fuentes de fondeo disponibles hasta la fecha t . Se subraya que h representará, por consiguiente, el horizonte de tiempo de nuestro pronóstico directo. Este ejercicio provee una herramienta valiosa para monitorear la “salud” de corto plazo de los

bancos individuales y del sistema agregado, con el fin de prevenir posibles episodios de inestabilidad financiera. De manera más precisa, se lleva a cabo la estimación BMA de la probabilidad $p^{BMA}(v_{t+h} = 1|D)$ para $t = 1, \dots, T$ y $h = 1, \dots, 6$. Una vez son estimados los parámetros se calcula la probabilidad $p = (v_{t+h} = 1/\theta; rd_t, wf_t, b_t, z_t)$.

En el Gráfico 9 se muestran los resultados del pronóstico de la probabilidad de fragilidad, tanto dentro de la muestra para $h = 0$ (i. e.: línea sólida en el Gráfico 7), como para $h = 1, \dots, 6$, (puntos negros). Cada punto representa el pronóstico directo de la probabilidad en la fecha $T + h$ dados los datos sobre las fuentes de fondeo en la fecha $T =$ marzo de 2013 (última fecha disponible dentro de la muestra). Por ejemplo, con $h = 6$ se pronostica la probabilidad de estar en un episodio de fragilidad para septiembre de 2013 (alrededor del 25%). El Gráfico 9 indica que el conjunto de nuestras predicciones está por debajo del umbral estimado para todos los horizontes de tiempo; por consiguiente, no hay señales de inestabilidad bancaria en el corto plazo.

4.2 Análisis para cada banco

En esta sección se muestran los resultados de aplicar la técnica descrita a doce entidades y se intenta evaluar si la estrategia de fondeo de cada banco afecta eventualmente su situación de fragilidad financiera. El procedimiento también permite poner a prueba el desempeño del modelo. La evaluación de la fragilidad individual también constituye una herramienta útil de monitoreo. Las probabilidades BMA son estimadas sobre el conjunto de datos $[x_{i,t}, v_{i,t}]$, donde la variable *dummy* de fragilidad se construye para cada banco, siguiendo la descripción de la sección 2.

Los resultados son agrupados en dos categorías: en la primera se incluyen cuatro bancos grandes y, en la segunda, ocho bancos de tamaño mediano y pequeño. La elección se basa en su participación sobre los activos totales. El grupo de bancos de tamaño grande representa el 42,7% de los activos totales del sistema bancario, mientras que el grupo de bancos de tamaño mediano y pequeño contabiliza el 23,5%. Es decir, la muestra de los doce bancos constituye el 66% de los activos del sistema. Esta caracterización permite analizar en detalle la dinámica de la fragilidad y su relación con las fuentes de fondeo del crédito entre bancos de similar tamaño, buscando reducir su alta heterogeneidad. Aunque la estimación se realiza para cada banco, las conclusiones se presentan de manera agregada.

Los gráficos 10, 11 y 12 presentan los resultados. Para cada banco, el panel B muestra la probabilidad BMA estimada (línea sólida). Esta probabilidad es comparada con la variable *dummy* de riesgo (áreas grises), construida siguiendo la metodología descrita en la sección 2. También, se muestra el umbral (línea discontinua) calculado para cada banco. En el panel A de cada gráfico se incluye una descripción de los resultados BMA: la probabilidad de inclusión, la media, la desviación estándar y la certeza del signo, para las ocho variables con la PIP más alta.

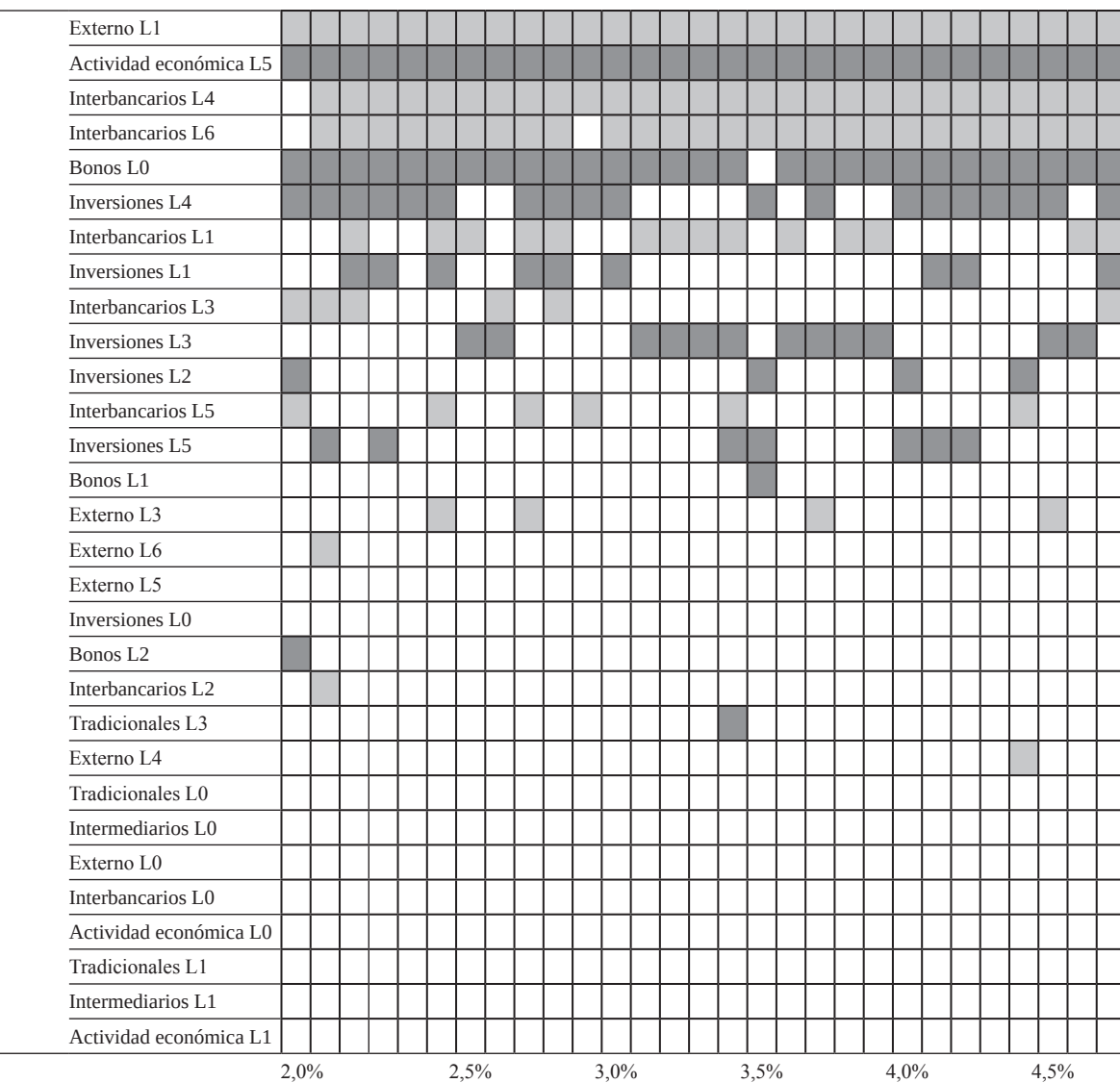
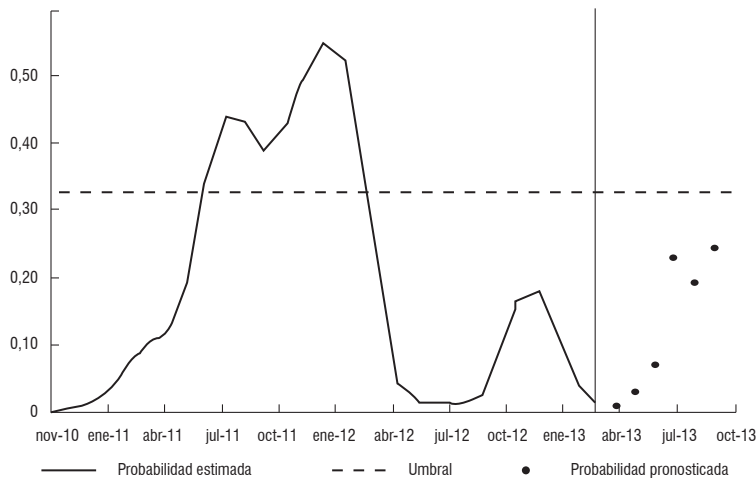


Gráfico 9
Predicción de la probabilidad de fragilidad financiera



Nota: este gráfico muestra seis pronósticos directos de la probabilidad de fragilidad financiera para los meses de abril a septiembre de 2013.

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 10
Fragilidad financiera estimada. Regresión logística BMA: bancos grandes

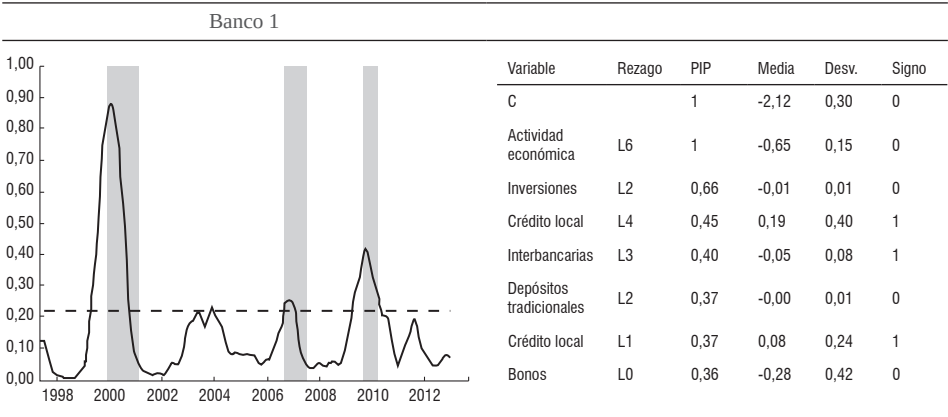
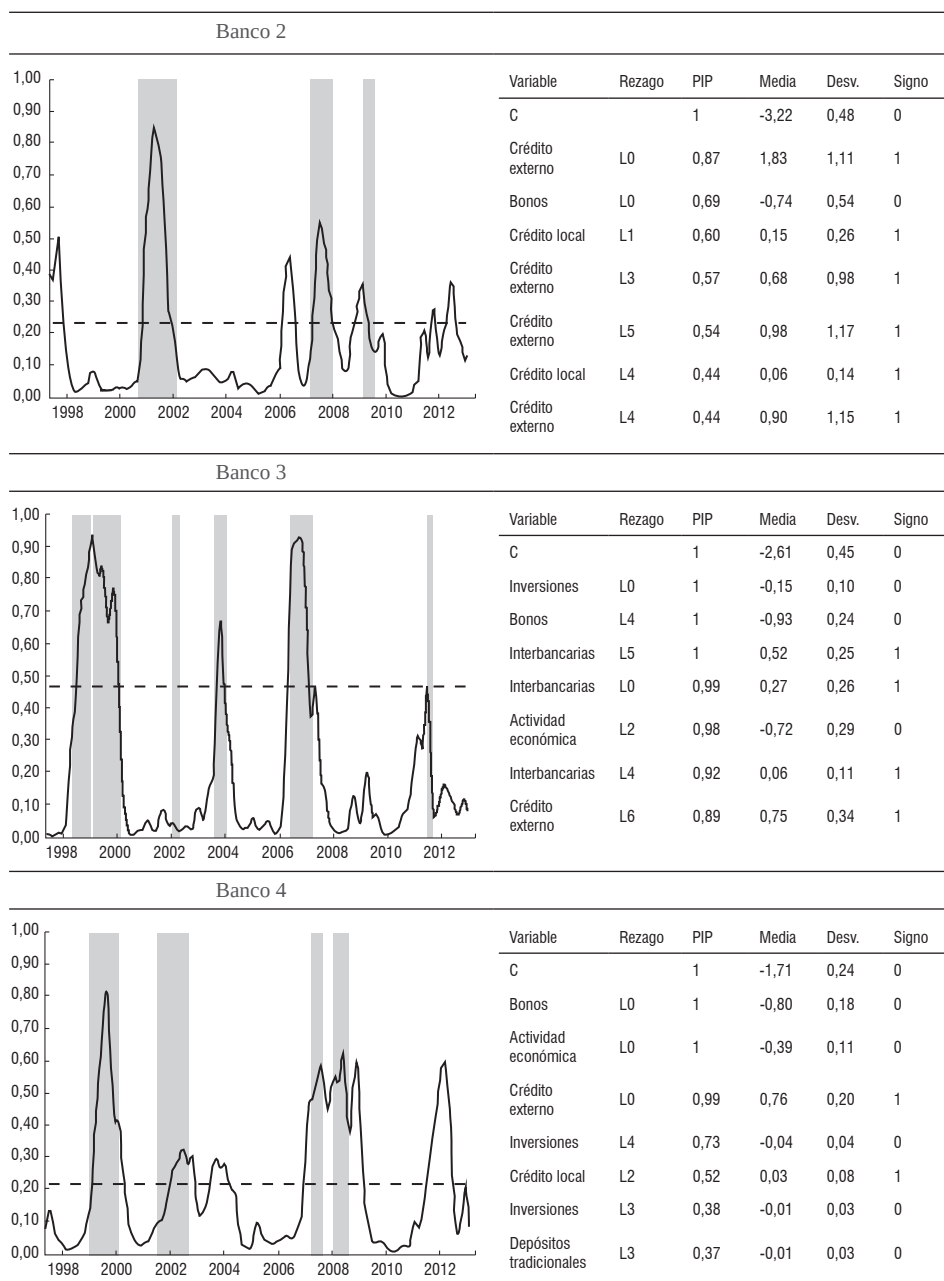


Gráfico 10 (continuación)**Fragilidad financiera estimada. Regresión logística BMA: bancos grandes**

Nota: este gráfico muestra los resultados de la estimación para los bancos grandes. El panel A presenta la probabilidad estimada y la compara con el indicador de riesgo. El panel B reporta las variables explicativas más importantes junto con sus estadísticas (PIP, media, desviación y certidumbre de signo).

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 11

Fragilidad financiera estimada. Regresión logística BMA: bancos medianos

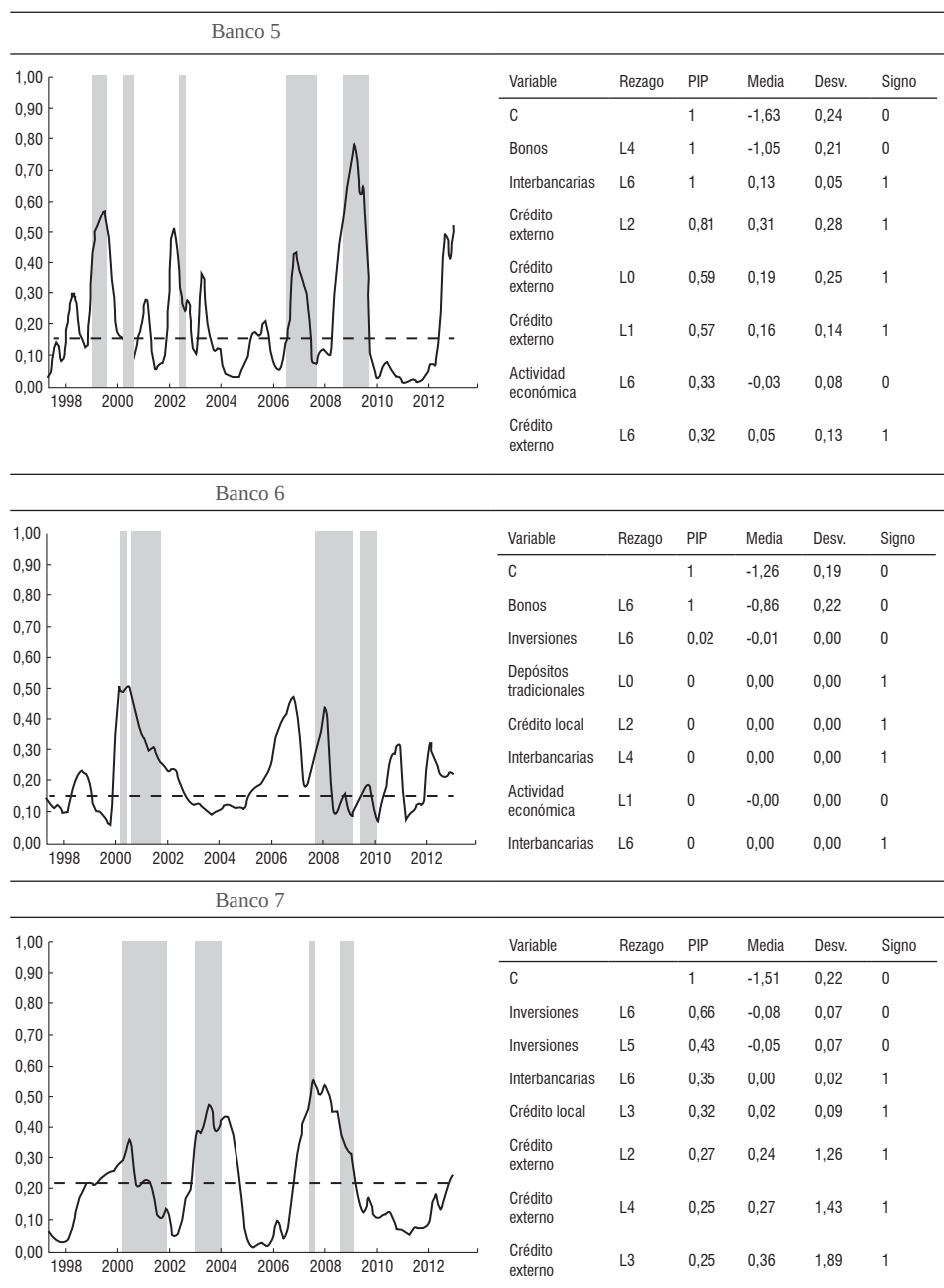
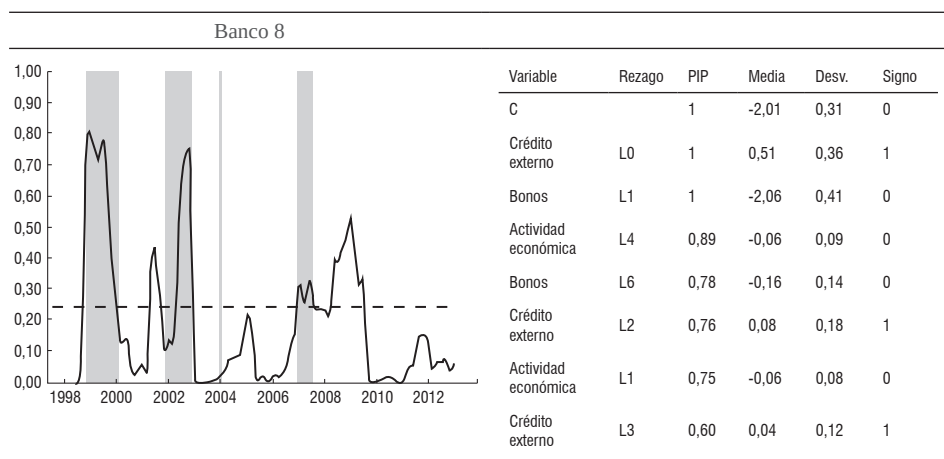


Gráfico 11 (continuación)**Fragilidad financiera estimada. Regresión logística BMA: bancos medianos**

Nota: este gráfico muestra los resultados de la estimación para los bancos medianos. El panel A presenta la probabilidad estimada y la compara con el indicador de riesgo. El panel B reporta las variables explicativas más importantes junto con sus estadísticas (PIP, media, desviación y certidumbre de signo).

Fuente: cálculo de los autores.

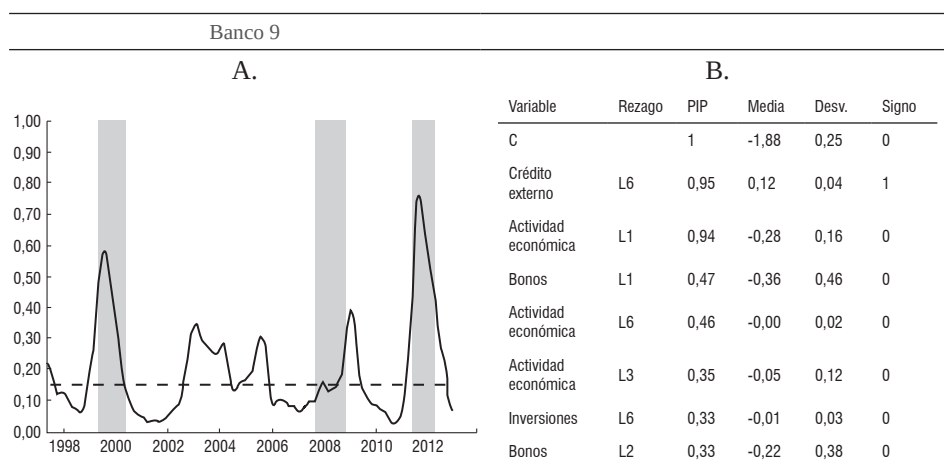
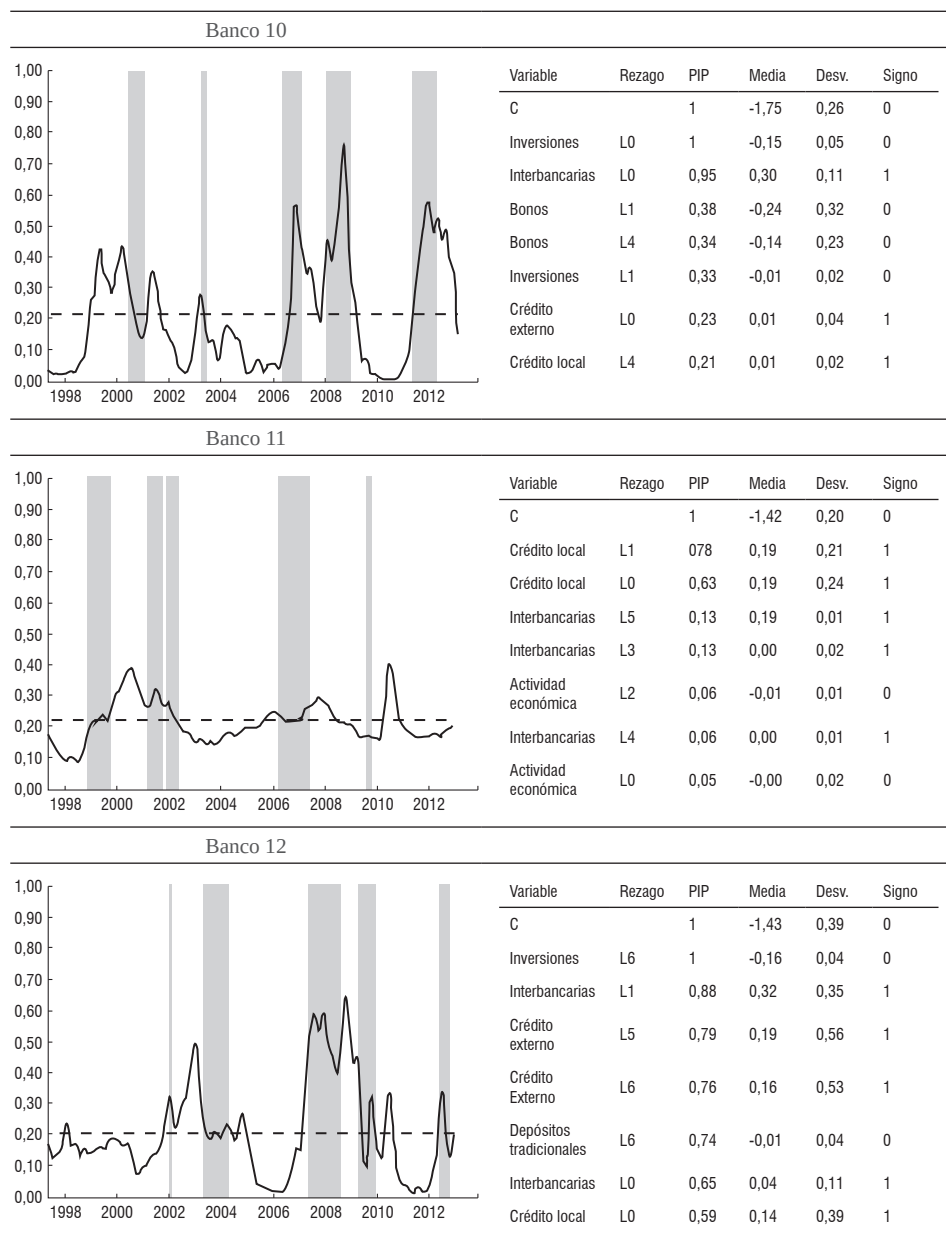
Gráfico 12**Fragilidad financiera estimada. Regresión logística BMA: bancos pequeños**

Gráfico 12 (continuación)

Fragilidad financiera estimada. Regresión logística BMA: bancos pequeños



Nota: este gráfico muestra los resultados de la estimación para los bancos pequeños. El panel A presenta la probabilidad estimada y la compara con el indicador de riesgo. El panel B reporta las variables explicativas más importantes junto con sus estadísticas (PIP, media, desviación y certidumbre de signo).

Fuente: cálculo de los autores.

- *Bancos de tamaño grande*

El Gráfico 10 muestra que la técnica aplicada es capaz de capturar los principales periodos de fragilidad financiera para bancos de tamaño grande y que el ajuste es bastante exitoso. Tres de los cuatro bancos del grupo tienen un umbral del 22% y la probabilidad de no tener falsas alarmas es del 77%. En particular, el banco 3 tiene muy buen ajuste con un umbral más alto del 48%, e indicadores de mejor probabilidad. De hecho, para este banco la probabilidad de detectar un episodio de fragilidad financiera es del 99%.

En general, los eventos de fragilidad para este grupo de bancos son afines con aquellos encontrados para el sector bancario agregado: a finales de los años noventa, entre el cuarto trimestre de 2006 y el primer trimestre de 2007, y en el segundo semestre de 2008. A nivel individual no se detectan los episodios que se encontraron de manera agregada en el tercer trimestre de 2002 y entre el segundo semestre de 2003 y el primer trimestre de 2004. Los resultados también muestran que los bancos grandes experimentaron un episodio de vulnerabilidad en la segunda mitad de 2011 y el primer semestre de 2012, lo cual es coherente con los resultados del sector bancario en su conjunto.

Los resultados confirman que la actividad económica es una variable relevante en el cálculo de la probabilidad. En tres de los cuatro bancos esta variable tiene una PIP cercana al 100%. Hay otras variables, como el crédito externo, el uso de las inversiones de portafolio y las operaciones interbancarias, con un impacto no despreciable sobre la probabilidad. Nótese, también, que los bancos 1, 3 y 4 son muy similares en términos de las variables que explican su fragilidad, mientras que el banco 2 difiere. Para ese banco los cambios en el crédito externo provocan un gran impacto sobre la probabilidad BMA.

- *Bancos de tamaño mediano y pequeño*

Los gráficos 11 y 12 muestran los resultados de la estimación del modelo para bancos de tamaño mediano y pequeño, respectivamente. Aun cuando los episodios de fragilidad financiera medidos por los riesgos no son uniformes entre estos bancos, en general, ellos son capturados apropiadamente por la probabilidad BMA. El número de episodios calculados por la probabilidad para estos bancos es distinto de los encontrados para el sistema bancario agregado (y aún para bancos de tamaño grande). Para los medianos, por ejemplo, los episodios de fragilidad son más dispersos a lo largo del tiempo y son de más corta duración.

Aunque nuestro modelo tiene un menor ajuste en estos casos, se puede afirmar que la técnica empleada captura los periodos de fragilidad definidos a partir de los riesgos (áreas grises). Con excepción del banco 6, las variables más importantes para explicar la fragilidad de los bancos de mediano tamaño son las operaciones interbancarias, el crédito externo y la liquidación de inversiones de portafolio. Para este grupo, el umbral es del 15%, en promedio, y la probabilidad de detectar momentos de fragilidad es del 62%. La emisión de bonos es otra variable importante dentro del análisis. Como se anotó, esta variable podría proporcionar señales de buena salud de los intermediarios en la medida en que usan esos recursos para expandir el negocio, en lugar de ser usada para fondear

créditos. Para este grupo de bancos se encuentra que la actividad económica ya no es una variable decisiva para estimar la probabilidad. La PIP de todas las variables es menor que aquella encontrada para los bancos de tamaño grande. Para el banco 6, en particular, el modelo no proporciona un buen ajuste y, por tanto, los resultados no son concluyentes.

En el caso de los bancos pequeños, el umbral asciende a 19%, en promedio, y la probabilidad de no tener falsas alarmas es de 74%. Así, la probabilidad de detectar periodos de fragilidad financiera es del 66%. El modelo es capaz de capturar los episodios de fragilidad de finales de los años noventa y también aquellos registrados en 2008 y 2009. En algunos casos se encuentran nuevos eventos en 2006 y 2007. Nótese que los episodios de fragilidad encontrados para el sistema a finales de 2011 y en el primer trimestre de 2012 también se encuentran para los bancos pequeños, justamente cuando el crédito de consumo creció rápidamente. En el caso del banco 11 se concluye que el ajuste del modelo es deficiente.

De acuerdo con el tamaño de la PIP, los resultados para los bancos pequeños muestran que las variables más importantes son la liquidación de títulos, las operaciones interbancarias y el crédito externo. En la mayoría de casos las variables con altos rezagos (L5, L6) son más relevantes. Las variables con estos rezagos podrían indicar fragilidad para plazos mayores (mediano plazo).

4.3 Datos de panel con efectos fijos

En el último ejercicio se ajusta la técnica de manera que se tengan en cuenta las características individuales de los distintos bancos de la muestra, adaptando la ecuación (7). Esto se logra mediante un promedio bayesiano de modelos de regresión logística para datos de panel y efectos fijos. El Gráfico A3.1 del Anexo 3 muestra los resultados de la estimación. Cada panel en este gráfico presenta la probabilidad BMA estimada para un banco a partir de las fuentes de fondeo, comparada con sus propias áreas de fragilidad basadas en los riesgos. Una vez más, la probabilidad BMA es denotada como una línea sólida continua, y el umbral por una línea discontinua.

En general, la probabilidad estimada determinada por las fuentes de fondeo no tiene un buen ajuste con respecto a los episodios predefinidos basados en riesgos. Debido al bajo ajuste, el umbral es solo del 17% para mantener una tolerancia máxima del 5% de episodios de fragilidad no detectados. Además, se encuentra una muy baja probabilidad de no tener falsas alarmas.

En estos resultados se debe tener en cuenta que los episodios de fragilidad identificados, especialmente para bancos medianos y pequeños, son un poco diferentes de aquellos encontrados para el sector bancario agregado. Además, las fuentes de fondeo del crédito también tienen una dinámica distinta entre los grupos de bancos. De hecho, los resultados del ejercicio de datos de panel y efectos fijos muestran grandes diferencias entre bancos, por lo que resulta difícil tratar de resumir sus características en un conjunto común de variables. Precisamente, fue la alta heterogeneidad encontrada en los datos para los bancos individuales, con respecto a las áreas de fragilidad financiera y las fuentes de fondeo del crédito, lo que nos llevó a emplear la técnica de regresión logística BMA para cada banco.

5. CONCLUSIONES

El sistema bancario colombiano es de tamaño mediano, no es muy abierto internacionalmente, y se encuentra en un proceso de profundización. En la actualidad, sus activos representan algo más de una tercera parte del producto interno bruto (40%), situándose en el nivel promedio de las economías emergentes de América Latina. El creciente uso de recursos no tradicionales (fondos mayoristas) para proveer los préstamos bancarios, en especial durante las fases de expansión del crédito, parece ser una nueva estrategia de los bancos con importantes implicaciones en términos de estabilidad financiera.

En este trabajo se analizó la relación empírica entre las fuentes de fondeo del crédito y la fragilidad financiera del sistema bancario colombiano. En particular, se puso en evidencia cómo el creciente uso de fondos mayoristas para fondear los préstamos bancarios, especialmente cuando estos aumentan a un ritmo excepcional, es una fuente potencial de fragilidad para los bancos. El monitoreo a dichas fuentes resulta conveniente para preservar la solidez del sistema financiero. Entre los recursos no tradicionales con mayor relevancia se identifican los créditos externos, las operaciones interbancarias de corto plazo y la emisión de bonos. La liquidación de las inversiones de portafolio que mantienen los bancos también apoya la concesión de préstamos.

Con respecto a los detalles metodológicos, el trabajo utilizó las hojas de balance con datos de diciembre de 1996 a marzo de 2013 en dos niveles: para el sistema bancario agregado y para los principales intermediarios (doce bancos, los cuales representan el 66% de los activos del sistema). Nuestra estrategia empírica implicó, en primer lugar, definir la fragilidad financiera a partir de los indicadores usuales de riesgo. Allí se emplearon ocho indicadores que capturan cuatro categorías: riesgo de crédito, riesgo de liquidez, riesgo de rentabilidad y riesgo de solvencia. Posteriormente, se realizó la estimación bayesiana de modelos de regresión logística para calcular la probabilidad de que se presenten episodios de fragilidad, a partir de las fuentes de fondeo del crédito. La técnica también nos permitió hacer predicciones de dichos episodios para el corto plazo.

El modelo permite identificar siete episodios de fragilidad financiera desde 1996. Lo que resulta una novedad es que tres de ellos no son capturados por los indicadores usuales de riesgo, es decir, que se registraron tres episodios durante los cuales el sistema bancario exhibió un grado significativo de vulnerabilidad, explicado por el comportamiento de las fuentes de fondeo, que no fueron identificados por el monitoreo habitual de los riesgos. En consecuencia, cambios en los recursos utilizados para apoyar los préstamos podrían ser una fuente potencial de vulnerabilidad, y su monitoreo mediante la técnica propuesta proporciona una herramienta adicional para prevenir eventos de inestabilidad. Esta sugerencia es relevante para las discusiones de política sobre la regulación y las prácticas macroprudenciales. Aun cuando el ejercicio fue realizado para el sistema bancario colombiano, podría servir como referencia para ser aplicado a otras economías emergentes.

Finalmente, los resultados de este trabajo son coherentes con los hallazgos de la literatura empírica reciente, donde se asocia tanto los ciclos de crédito y los eventos de inestabilidad financiera, con la composición y dinámica de las fuentes de fondeo (lado pasivo del balance). De acuerdo con esta literatura, puesto que los depósitos tradicionales no son suficientes para cubrir la demanda por préstamos durante las fases de expansión del crédito, los bancos buscan fondos no tradicionales como fuentes complementarias con otras

implicaciones en términos de fragilidad. Nosotros llamamos la atención al hecho de que, aparte del caso surcoreano, el análisis empírico sobre este tema en economías emergentes ha sido bastante limitado.

REFERENCIAS

- Agur, I. (2013). "Wholesale Bank Funding, Capital Requirements and Credit Rationing", *Journal of Financial Stability*, vol. 9, núm 1, pp. 38-45.
- Banco de la República (2007). *Reporte de Estabilidad Financiera*. marzo, p. 7.
- Bordo, M.; Haubrich, J. (2010). "Credit Crises, Money and Contractions: An Historical View", *Journal of Monetary Economics* núm. 57, pp. 1-18.
- Borio, C. (2012). "The Financial Cycle and Macroeconomics: What Have We Learnt?", working paper, núm. 395, Bank for International Settlements.
- Brooks, S.; Friel, N.; King, R. (2003). "Classical Model Selection Via Simulated Annealing", *Journal of The Royal Statistical Society*, vol. 65, núm. 2, pp. 503-520.
- Bruno, V.; Shin, H. (2013). "Capital Flows and the Risk-Taking Channel of Monetary Policy", working paper, núm 18942, National Bureau of Economic Research.
- Cerra, V.; Saxena, C. (2008). "Growth Dynamics: The Myth of Economic Recovery", *American Economic Review*, vol. 98, núm. 1, pp. 439-457.
- Christiano, L.; Fitzgerald, T. (2001). "The Band Pass Filter", working paper, núm. 7257, *National Bureau of Economic Research*.
- Claessens, S.; Kose, M.; Terrones, M. (2012), "How Do Business and Financial Cycles Interact?", *Journal of International Economics*, núm. 87, pp. 178-190.
- Damar, H.; Meh, C.; Terajima, Y. (2010). "Leverage, Balance Sheet Size and Wholesale Funding", working paper, núm. 39, Bank of Canada.
- Drehmann, M.; Borio, C.; Tsatsaronis, K. (2012). "Characterising the Financial Cycle: Don't Lose Sight of the Medium Term", working paper, núm 380, Bank for International Settlements.
- Frankel, J.; Saravelos, G. (2010). "Are Leading Indicators of Financial Crises Useful for Assessing Country Vulnerability? Evidence From the 2008-09 Global Crisis", working paper, núm. 16047, National Bureau of Economic Research.
- Goldstein, M.; Kaminsky, G; Reinhart, C. (2000). *Assessing financial vulnerability: an early warning system for emerging markets*. Peterson Institute for International Economics.
- Gourinchas, P.; Valdes, R.; Landerretche, O. (2001). "Lending Booms: Latin America and The World", working paper, núm. 8249, National Bureau of Economic Research.
- Green, P. (1995). "Reversible Jump Markov Chain Monte Carlo Computation and Bayesian Model Determination", *Biometrika* vol. 82, núm. 4, pp. 711-732.
- Green, P.; Hastie, D. (2009). "Reversible Jump MCMC", working paper, núm. 155, pp.1391-1403, University of Helsinki.
- Greenwood, R.; Landier, A.; Thesmar, D. (2012). "Vulnerable Banks", working paper núm. 18537, *National Bureau of Economic Research*.

- Guarín, A.; González, A.; Skandalis, D.; Sánchez, D. (2014). "An Early Warning Model for Predicting Credit Booms using Macroeconomic Aggregates", *Ensayos sobre Política Económica* (ESPE), vol. 32, núm. 73, pp. 77-86.
- Hahm, J.; Mishkin, F.; Shin, H.; Shin, K. (2012a). "Macroprudential Policies in Open Emerging Economies", working paper, núm. 17780, *National Bureau of Economic Research*.
- Hahm, J.; Shin, H.; Shin, K. (2012b). "Non-Core Bank Liabilities and Financial Vulnerability", working paper, núm. 18428, *National Bureau of Economic Research*.
- Hamann, F.; Hernández, R.; Silva, L.; Tenjo, F. (2014). "Leverage Pro-cyclicality and Bank Balance Sheet in Colombia", *Ensayos sobre Política Económica* (ESPE), vol. 32, núm. 73, pp. 50-76.
- Hoeting, J.; Madigan, D.; Raftery, A.; Volinsky, C. (1999). "Bayesian Model Averaging: A Tutorial", *Statistical Science*, vol.14, núm. 4, pp. 382-417.
- Huang, R.; Ratnovski, L. (2010). "The Dark Side of Bank Wholesale Funding", *Journal of Financial Intermediation*, vol. 20, núm. 2, pp. 248-263.
- Hume, M.; Sentence, A. (2009). "The Global Credit Boom: Challenges for Macroeconomics and Policy", *Journal of International Money and Finance*, vol. 28, núm 8, pp. 1426-1461.
- Jordá, O.; Schularik, M.; Taylor, A. (2012). "When Credit Bites Back: Leverage, Business Cycles, and Crises", working paper, núm. 17621, *National Bureau of Economic Research*.
- Mendoza, E.; Terrones, M. (2008). "An Anatomy of Credit Booms: Evidence From Macro Aggregates and Micro Data", working paper, núm. 14049, *National Bureau of Economic Research*.
- Raftery, A. (1995). "Bayesian Model Selection in Social Research", *Sociological Methodology*, núm. 25, pp. 111-164.
- Raftery, A.; Madigan, D.; Hoeting, J. (1997). "Bayesian Model Averaging for Linear Regression Models", *Journal of The American Statistical Association*, vol. 92, núm. 437, pp.179-191.
- Reinhart, C.; Reinhart, V. (2010). "After The Fall", working paper, núm. 16334, *National Bureau of Economic Research*.
- Schularick, M.; Taylor, A. (2012). "Credit Booms Gone Bust: Monetary Policy, Leverage Cycles and Financial Crises 1870-2008", working paper, núm. 15512, *National Bureau of Economic Research*.
- Shin, H.; Shin, K. (2011). "Procyclicality and Monetary Aggregates", working paper, núm. 16836, *National Bureau of Economic Research*.

ANEXO 1

Cuadro A1.1
Descripción de datos

	Variable	Definición
<i>Riesgos financieros</i>		
Crédito	Cartera vencida / cartera bruta	Razón entre crédito vencido por más de treinta días y el total de créditos.
Crédito	Cartera improductiva / cartera bruta	Razón entre los créditos que no generan intereses y el total de créditos.
Liquidez	Depósitos/cartera bruta	Depósitos sobre total de créditos.
Liquidez	RPNC	Diferencia entre pasivos líquidos y activos líquidos sobre los activos no líquidos.
Rentabilidad	ROA	Utilidad anualizada antes de impuestos sobre total de activos.
Rentabilidad	ROE	Utilidad anualizada antes de impuestos sobre patrimonio.
Apalancamiento	Apalancamiento	Razón entre pasivos totales y patrimonio.
Solvencia	Solvencia ^{a/}	Indicador de solvencia estimado por el banco central.
<i>Fuentes de fondeo (como razones del total de pasivos)</i>		
Fondos no tradicionales		
	Emisión de bonos	Bonos y convertibles.
	Depósitos de otros intermediarios	Créditos de bancos locales y otras obligaciones financieras.
	Créditos externos	Crédito con organizaciones e instituciones financieras internacionales.
	Operaciones interbancarias de corto plazo	Fondos interbancarios y repos.
Depósitos tradicionales		
		Depósitos corrientes, de ahorros, a término y otros depósitos pequeños.
Redención de <i>securities</i>		
		<i>Proxy</i> para la sustitución entre crédito e inversiones: inversión en instrumentos de deuda sobre crédito total.
<i>Variables macroeconómicas</i>		
	Índice de la actividad económica ^{a/}	Indicador mensual del crecimiento del PIB colombiano.

^{a/} Sugerido y calculado por el Banco de la República.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia.

ANEXO 2

Cuadro A2.1
Estadísticas descriptivas

A.					
Hoja de balance del sistema bancario colombiano: estadísticas descriptivas					
	Observada	Máxima	Mínima	Media	Desviación estándar
Fondeos no tradicionales	196	0,268	0,096	0,141	0,038
Emisión de bonos	196	0,097	0,013	0,042	0,024
Depósitos de otros intermediarios	196	0,087	0,045	0,060	0,009
Créditos externos	196	0,082	0,008	0,042	0,017
Operaciones interbancarias de corto plazo	196	0,086	0,008	0,044	0,017
Depósitos tradicionales	196	0,837	0,731	0,797	0,027
Cuentas corrientes	196	0,178	0,098	0,142	0,014
Depósitos a término (CDT)	196	0,342	0,189	0,259	0,045
Cuentas de ahorros	196	0,435	0,159	0,341	0,082
Otros pequeños depósitos	196	0,065	0,025	0,036	0,005
Pasivos totales	196	1,241	0,977	1,076	0,057
 <i>Créditos</i>	196	0,934	0,561	0,723	0,091
Comerciales	196	0,495	0,334	0,415	0,042
Consumo	196	0,246	0,097	0,164	0,046
Vivienda	196	0,303	0,053	0,139	0,088
Microcréditos	134	0,024	0,001	0,014	0,006
<i>Inversiones</i>	196	0,411	0,122	0,261	0,076
Activos totales	196	1,401	1,097	1,217	0,071
Patrimonio	196	0,183	0,112	0,139	0,021
B.					
Riesgos del sistema bancario colombiano: estadísticas descriptivas					
	Observada	Máxima	Mínima	Media	Desviación estándar
Cartera vencida/cartera bruta	196	0,188	0,03	0,088	0,053
Cartera improductiva/cartera bruta	196	0,117	0,017	0,051	0,033
Depósitos/cartera bruta	196	1,349	0,959	1,143	0,10
RPNC	196	0,005	-0,31	-0,145	0,079

Cuadro A2.1 (continuación)
Estadísticas descriptiva

ROA	196	0,039	-0,031	0,018	0,020
ROE	196	0,358	-0,312	0,156	0,178
Apalancamiento	196	9,424	6,121	7,861	0,964
Solvencia	196	0,173	0,104	0,131	0,013

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 3

DATOS DE PANEL CON EFECTOS FIJOS

Gráfico A3.1
Fragilidad financiera estimada: modelo *logit* BMA de datos de panel con efectos fijos

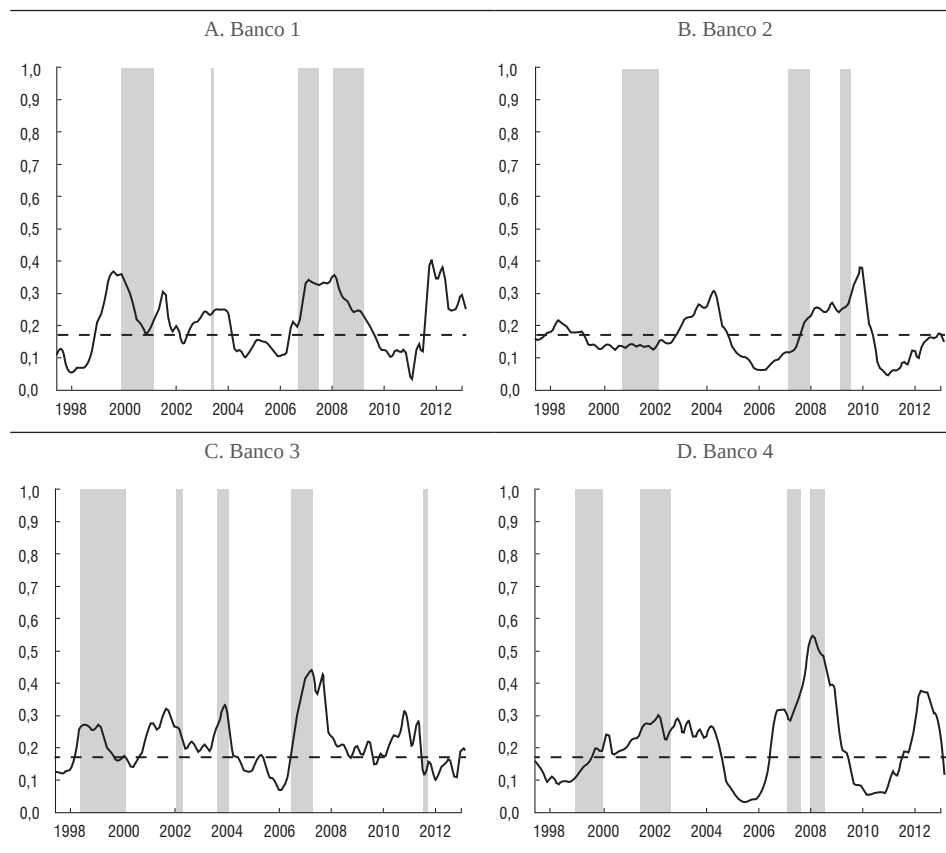


Gráfico A3.1 (continuación)

Fragilidad financiera estimada: modelo *logit* BMA de datos de panel con efectos fijos

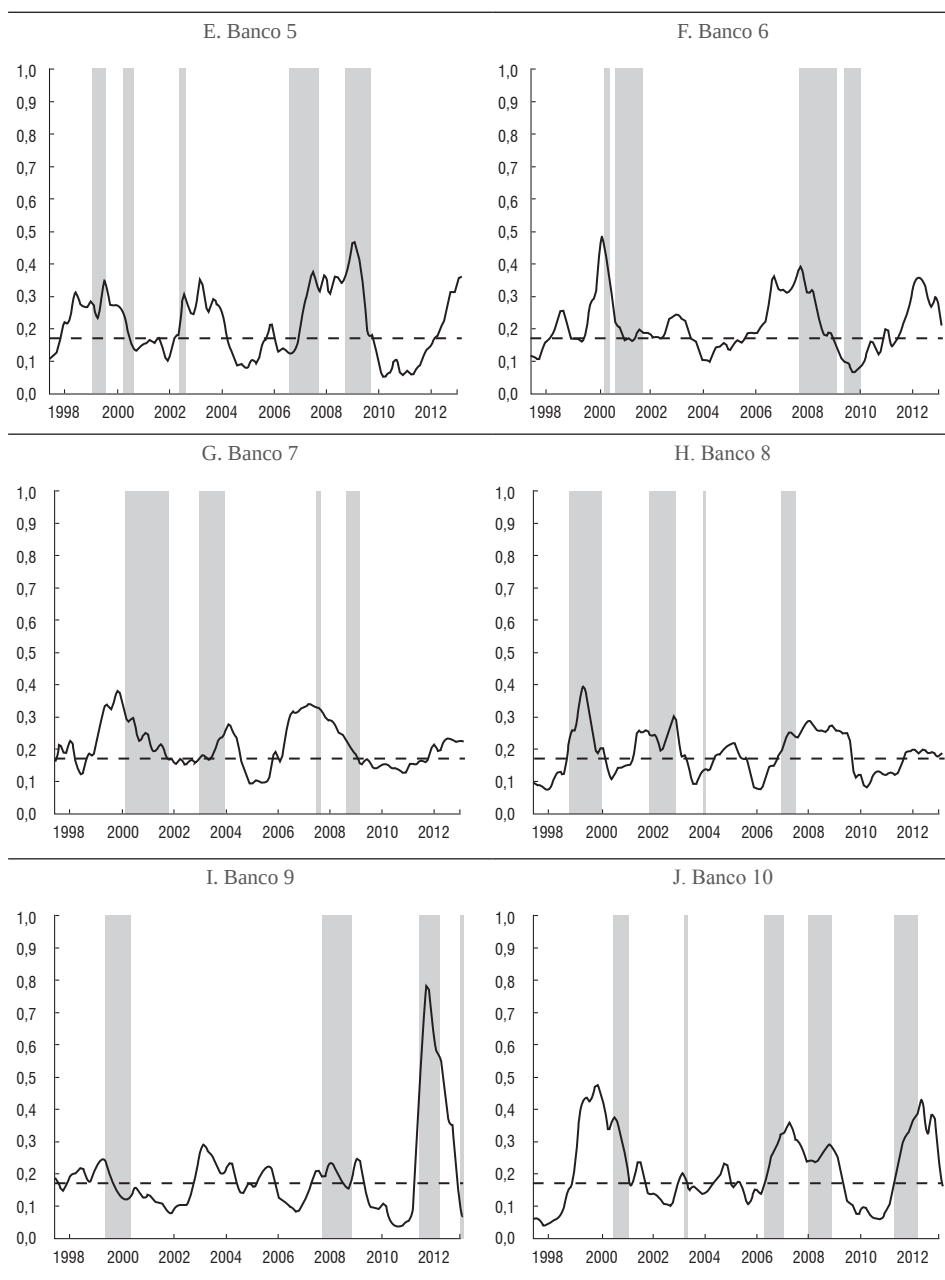
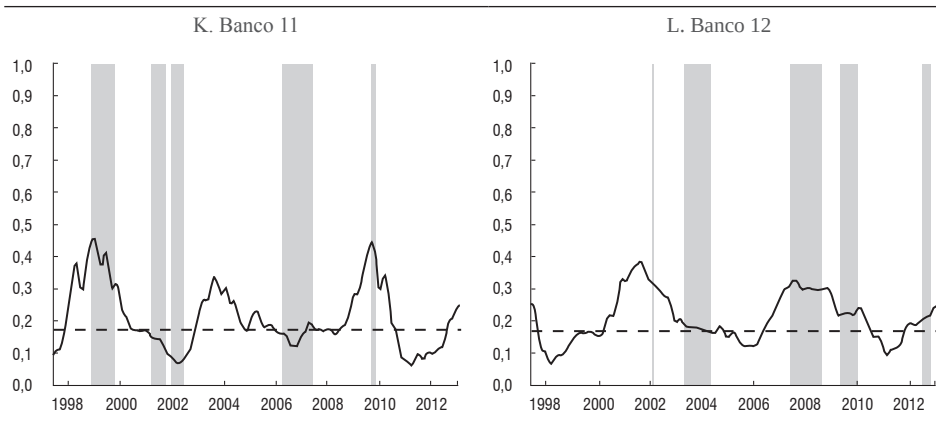


Gráfico A3.1 (continuación)

Fragilidad financiera estimada: modelo *logit* BMA de datos de panel con efectos fijos



Nota: este gráfico muestra los resultados de la regresión logística con datos de panel y efectos fijos. Cada panel ilustra la probabilidad estimada de que cada banco se encuentre en una situación de fragilidad financiera y la compara con su respectiva vulnerabilidad a partir de la *dummy* de riesgos.

Fuente: cálculos de los autores

Cuadro A3.1

Modelo de regresión logística: datos de panel con efectos fijos

Variable	PIP	Media	Desviación estándar	Certidumbre del signo
Emisión de bonos, L6	1,00	-0,20	0,04	0,00
Crédito externo, L6	0,73	0,07	0,05	1,00
Emisión de bonos, L1	0,72	-0,17	0,11	0,00
Inversiones, L1	0,68	-0,06	0,02	0,00
Crédito de los intermediarios, L6	0,45	-0,08	0,10	0,00
Crédito externo, L5	0,29	0,03	0,05	1,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,35	0,19	0,00
Efectos fijos 2	1,00	-1,65	0,19	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,31	0,17	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,36	0,15	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,34	0,17	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,29	0,15	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,15	0,14	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,43	0,15	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,68	0,18	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,34	0,16	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,24	0,15	0,00
Efectos fijos 1	1,00	-1,26	0,15	0,00

Nota: este cuadro reporta las variables más importantes, en promedio, para la regresión logística con datos de panel y efectos fijos para cada banco (EF), así como su probabilidad de inclusión, su media y desviación estándar y la probabilidad de ser positiva.

Fuente: cálculos de los autores.

11. ÍNDICE DE PRECIOS DE LA VIVIENDA NUEVA PARA BOGOTÁ: METODOLOGÍA DE PRECIOS HEDÓNICOS

**Jéssica Castaño
Mariana Laverde
Miguel Morales
Ana María Yaruro***

El sector de la vivienda es reconocido por su enorme influencia en la estabilidad y desempeño de las economías. Tanto internacional como localmente, se han observado episodios donde auges desproporcionados en el mercado de la vivienda han contribuido al desarrollo de crisis financieras y económicas. Por esta razón, instituciones como bancos centrales, gobiernos y entes reguladores se preocupan por la evolución de los principales indicadores que caracterizan a este sector, entre los que se destacan los índices de precios de la vivienda nueva y usada.

Existen diferentes metodologías que permiten construir indicadores de precios, dentro las cuales se destaca la de precios hedónicos, que se caracteriza por aislar el efecto de los cambios de la calidad de los inmuebles sobre su precio. Esta metodología parte del supuesto de que la vivienda es un bien diferenciado, por lo que su precio debe evaluarse en función de sus características. A partir de una estimación econométrica se calcula la contribución marginal de cada atributo en el precio, lo que se conoce como precio implícito o hedónico; descontando estos efectos, es posible estimar los cambios en el precio de la vivienda.

Actualmente, en Colombia no existe un índice de precios de la vivienda calculado a partir de esta metodología, dada la limitada información detallada y periódica sobre

* Los autores son, en su orden, profesional, estudiante de doctorado en la Universidad de Chicago, profesional experto y profesional del Banco de la República. Agradecen los comentarios y sugerencias de Dairo Estrada, Juan Esteban Carranza, Diego Vásquez, Nancy Zamudio y Wilmar Cabrera. Además, a Jaime Enrique Fajardo por su ayuda con el procesamiento de datos. Las opiniones contenidas en este documento son exclusivas de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Los autores son responsables de los errores que persistan.

las características de los inmuebles. No obstante, desde 2002 La Galería Inmobiliaria ha venido consolidando una base de datos, que recoge información sobre precios de oferta y las características de todos los inmuebles vendidos en las salas de venta de las principales ciudades del país.

El índice de precios de la vivienda nueva calculado en este trabajo tiene como objetivo capturar de una manera precisa las variaciones en los precios de los inmuebles ajustando por estos cambios en calidad. Este índice se construye para Bogotá para el período 2003-2012. La aproximación utilizada está basada en el modelo teórico de precios hedónicos formalizado por Rosen (1974) y su posterior implementación econométrica. El indicador de precios obtenido presenta un comportamiento similar a los de los índices calculados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Banco de la República.

Los principales resultados permiten validar que, cuando se controla por calidad, el crecimiento del índice de precios de la vivienda es inferior al del índice que no incluye tales características, mostrando que los cambios en calidad han tenido una incidencia positiva en el precio de mercado de los inmuebles. Asimismo, al hacer el análisis por estratos, se encontró que para los estratos 2 a 5 el índice ajustado por calidad es menor que el que no lo hace, mientras que en el estrato 6 ocurre lo contrario, evidenciando la heterogeneidad que podría existir en este segmento.

Por otro lado, el análisis de los datos evidencia algunos cambios importantes en las características de los inmuebles durante el período analizado; algunos atributos como el número de garajes, la existencia de depósito, chimenea, ascensor, planta eléctrica, salón comunal, entre otros, ha aumentado durante el período analizado, mientras que el área y el número de alcobas promedio disminuyeron.

Este documento está dividido en cinco secciones, aparte de esta introducción. En la primera se presenta la revisión de la literatura; en la segunda se realiza un breve análisis del mercado inmobiliario en Colombia durante los últimos veinte años, así como una descripción de los datos. En la tercera, se describe el modelo teórico de precios hedónicos y las diferentes especificaciones econométricas utilizadas para las estimaciones. Posteriormente, en la cuarta se muestran los principales resultados de los modelos y los índices de precios de la vivienda nueva construidos. Por último, se destacan algunos comentarios finales y se concluye.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El mercado de vivienda y la evolución de su precio es un tema recurrente en la literatura internacional, debido a su impacto en la economía. De acuerdo con Syz (2008), la vivienda representa cerca de un tercio del total de la riqueza en el mundo y, según Eurostat (2013), es el principal componente dentro del gasto de los hogares. Por otro lado, siguiendo a Hill (2011), el comportamiento del mercado inmobiliario tiene una fuerte repercusión en el resto de la economía: sus ciclos afectan el nivel de consumo, la distribución de la riqueza y la estabilidad financiera de los países. Adicionalmente, este autor sugiere que los índices de precios de vivienda constituyen una herramienta útil para la política fiscal y monetaria,

así como para los mercados financieros, en la medida en que actúan como un “barómetro” del estado de la economía.

Relacionado con lo anterior, el seguimiento de los precios de la vivienda es importante para entender no solo las condiciones de este mercado, sino también las de la actividad económica y del sistema financiero. Goodhart y Hofmann (2007) estudian los distintos canales por los cuales los precios de la vivienda afectan la actividad económica y la inflación: aumentos en el precio de la vivienda generalmente están asociados con períodos de expansión económica, mientras que sus caídas corresponden a períodos de recesión. Asimismo, Hofmann (2001) encuentra que existe una relación directa entre los precios de la vivienda, el crédito y el producto interno bruto (PIB).

Teniendo en cuenta lo anterior, resulta importante contar con índices de precios de vivienda que permitan analizar el comportamiento del mercado inmobiliario, así como identificar posibles vulnerabilidades que puedan afectar el crecimiento económico. Siguiendo a Eurostat (2013), los índices de precios de vivienda son de gran utilidad para diferentes agentes: por un lado, las instituciones financieras los utilizan para construir medidas de riesgo de crédito, mientras que para los bancos centrales constituyen una herramienta para monitorear la estabilidad financiera; por último, los hogares basan sus decisiones de compra de vivienda en el comportamiento de estos índices.

Existen diversas metodologías para construir índices de precios de vivienda, dentro de las cuales se pueden identificar cuatro grandes grupos: medias o medianas, ventas repetidas, método de tasaciones y precios hedónicos. La aplicación de cada una está condicionada a la disponibilidad de información. A continuación se presenta una descripción de estos métodos, algunas aproximaciones empíricas, así como sus principales ventajas y desventajas.

La primera y más sencilla de las metodologías es aquella que toma una medida de tendencia central de la distribución de los precios de las viviendas, generalmente representada por la media o la mediana. La ventaja de esta metodología es que no requiere una base de datos sofisticada y su cálculo es relativamente sencillo: se necesitan simplemente los precios de los inmuebles en el tiempo, para capturar el cambio en el precio de la vivienda media entre dos períodos. Sin embargo, con este método no es posible diferenciar qué parte del cambio en el precio se debe a diferencias en la calidad de los inmuebles y, por tanto, se pueden estimar índices imprecisos¹. Cabe resaltar que muchos índices de este tipo tratan de controlar por los cambios en la calidad de las viviendas estratificando la muestra, es decir, dividiendo el total de inmuebles vendidos en un momento del tiempo en diferentes segmentos del mercado (estratos, barrios, zonas, entre otros). Para cada submuestra se calcula un índice de media o mediana, y el índice agregado resulta de un promedio ponderado. Si bien esta técnica reduce la imprecisión de estos índices, no lo elimina totalmente, dado que puede haber diferencias en calidad dentro de cada segmento².

1 En la medida en que el índice no recoge cambios en la calidad de la vivienda, sus variaciones podrían generar índices que sobreestiman o subestiman los cambios en los precios.

2 Colombia los índices de precios de vivienda nueva construidos por el DANE y por el DNP utilizan esta metodología. En otros países se calculan índices similares, como el *median sales price index* de la National Association of Realtors (NAR) en los Estados Unidos y el del Real Estate Institute of Australia (REIA) en Australia.

Teniendo en cuenta que bajo la metodología de medias o medianas no es posible aislar el efecto de cambios en calidad, se han desarrollado otras propuestas metodológicas que abordan este problema, tales como los métodos de ventas repetidas, tasaciones y precios hedónicos. Estas metodologías permiten cuantificar el cambio de precios que se atribuye exclusivamente a la interacción entre la oferta y la demanda.

El método de ventas repetidas se construye con los datos de aquellas viviendas que han sido vendidas al menos dos veces en el período de estudio y que no han sufrido cambios significativos en su estructura física. La importancia de este método es que, al utilizar la información de los precios de una misma vivienda en dos momentos en el tiempo, garantiza que los cambios observados en el índice solo corresponden a las dinámicas del mercado. Esta metodología fue introducida por Bailey *et al.* (1969) y mejorada por Case y Shiller (1987), quienes le asignan una mayor ponderación a aquellos inmuebles vendidos en un período más corto.

El índice de precios de vivienda de Standard and Poor's/Case-Shiller (SPCS) es el más conocido dentro de este grupo de índices, y es calculado para veinte ciudades de los Estados Unidos. Asimismo, otros países, como Australia, Canadá, Inglaterra y los Países Bajos cuentan con índices de ventas repetidas³. En Colombia, Escobar *et al.* (2005) calcularon el índice de precios de la vivienda usada (IPVU) a partir de una adaptación del enfoque de ventas repetidas propuesto en Case y Shiller (1987), el cual es publicado por el Banco de la República.

Dentro de las desventajas de esta metodología está la reducción del tamaño de la muestra, dado que no usa toda la información disponible de los precios de transacción, al descartar los inmuebles que se vendieron una única vez. Además, puede presentar problemas de sesgo de selección de la muestra. Por otro lado, asume que la calidad de las viviendas es constante en el tiempo, lo cual no es necesariamente cierto, dado que una misma vivienda que se vendió en dos períodos distintos puede sufrir cambios significativos en su estructura⁴. Por último, los resultados del índice cambian a medida que se incorpora un nuevo período.

Esta metodología ha sido criticada por autores como Gao y Wang (2007), quienes señalan que el método de ventas repetidas presenta, además de las desventajas mencionadas, correlación en los términos de error, y no estima un nivel de precios de la vivienda, sino solamente su apreciación o depreciación. Por lo anterior, estos autores proponen como alternativa el método de transacciones múltiples con una aproximación de datos de panel, donde el precio de venta de cada vivienda es función de unas *dummies* que denotan el período en que la vivienda fue vendida y de una variable que la identifica a lo largo del tiempo. En este caso, la muestra de viviendas consideradas no solo abarca los pares de ventas que se emplean en el método de ventas repetidas, sino todos los inmuebles que hayan sido transados. De esta forma, la información empleada y, por tanto, el índice de precios estimado, resultan más representativos del mercado inmobiliario.

3 Estos índices son calculados por Residex y RPData-Rismark en Australia, mientras que en Inglaterra y en los Países Bajos es estimado por Dutch Land Registries. Por su parte, en Canadá la publicación de este índice está a cargo de Teranet y el Banco Nacional de Canadá.

4 La vivienda puede haber sido remodelada, ampliada, o haber sufrido deterioros entre las dos fechas de venta.

Gao y Wang (2007) subrayan que el método de transacciones múltiples supera al de ventas repetidas en términos de la robustez de la estimación, la variación del índice y su capacidad de predicción. No obstante, se debe mencionar que deja de lado, parcialmente, el hecho de que la calidad de una misma vivienda puede cambiar en el tiempo.

Otra alternativa a los índices de ventas repetidas consiste en calcular la razón entre los precios de venta de las viviendas y su avalúo, conocido en la literatura como el método *sale price appraisal ratio* (SPAR). Esta metodología fue propuesta por Bourassa *et al.* (2006), y ha sido ampliamente utilizada en Nueva Zelanda, Australia (Australian Bureau of Statistics, 2005; Rossini y Kershaw, 2006; Hansen, 2006) y en algunos países europeos como Dinamarca, Holanda y Suiza (Hill, 2004; Jansen *et al.*, 2006).

Al igual que en el método de ventas repetidas, los índices calculados mediante el SPAR parten de una base de pares de viviendas (*matched pairs*), pero no tienen la restricción de que se hayan transado al menos dos veces en el período de análisis. La diferencia radica en que la metodología SPAR utiliza los valores de los avalúos o tasaciones individuales de los inmuebles, a partir de los cuales se estiman los precios de venta del período base. Cabe resaltar que los índices calculados a partir del SPAR asumen que la calidad de los inmuebles es constante.

La ventaja de este método frente al de ventas repetidas es que permite aprovechar toda la información disponible de los precios de venta de los inmuebles, y mitiga el problema de sesgo de selección. Además, su cálculo es simple, puesto que se basa principalmente en la metodología tradicional de los modelos de emparejamiento (*matched model methodology*), y esto lo enlaza con la teoría de números índices (véase Eurostat, 2013; Vries *et al.*, 2009). Por otro lado, no requiere revisión, al incorporar nuevos datos, a diferencia de los índices de ventas repetidas y de precios hedónicos.

Por el lado de las desventajas, el valor de los avalúos depende de la precisión y de la calidad de la información con la que se calcula. Algunos estudios, como el de Eurostat (2013) y Chinloy *et al.* (1997), señalan que los avalúos se desvían significativamente del precio de transacción de las viviendas. Por otro lado, esta metodología no incorpora de manera exacta los cambios en la calidad, dado que asume que se mantiene constante, dejando de lado que las variaciones en los precios pueden originarse por remodelaciones, reparaciones o depreciación.

Uno de los métodos más utilizados y comúnmente aceptados para la construcción de índices de precios de vivienda es el de precios hedónicos, dado que permite controlar de manera precisa por los cambios en la calidad de los inmuebles, al incluir en la estimación la valoración marginal de los atributos. En la siguiente subsección se presenta la idea general detrás de estos modelos, así como una descripción de los principales trabajos que abordan este tema para el mercado inmobiliario y sus principales ramas de estudio.

1.1 Metodología de precios hedónicos

La metodología de precios hedónicos es más compleja que las anteriores, puesto que requiere información de las características de las viviendas que en muchos casos no está disponible. Con este tipo de modelos se parte del supuesto de que una vivienda es un bien heterogéneo, el cual puede valorarse por la utilidad que generan sus atributos o

características. En términos generales, una ecuación hedónica permite explicar el precio de un bien en función de sus características, logrando medir la contribución marginal de cada una de estas en el precio. De esta manera, los precios hedónicos son definidos como los precios implícitos de los atributos de los bienes.

Dentro de los primeros estudios se encuentran los de Court (1939) y Griliches (1961), quienes analizan el mercado de automóviles en los Estados Unidos. Estos autores intentaron descontar el efecto de las características de los carros sobre su precio. Posteriormente, Rosen (1974) estableció los fundamentos teóricos de la metodología de precios hedónicos, lo que promovió una notable expansión de su estudio y aplicación. Este autor plantea que los bienes diferenciados se describen por un vector de características, donde cada entrada representa la cantidad de unidades de cada una de estas. En este sentido, los precios hedónicos o implícitos resultan de una estimación econométrica entre el precio del bien diferenciado y las cantidades asociadas con sus atributos.

El enfoque hedónico para el mercado inmobiliario ha sido utilizado principalmente con dos objetivos: primero, estudiar el impacto de ciertas externalidades o atributos en los precios de los inmuebles y, segundo, construir índices de precios de vivienda. Este primer grupo de estudios ha sido el más implementado en Colombia, mientras que el segundo ha sido poco trabajado debido a la falta de información detallada sobre las características de las viviendas.

En particular, dentro del primer grupo se encuentran diferentes trabajos para Bogotá que, junto con herramientas de la economía espacial, evalúan el efecto que tienen sobre el precio de las viviendas sus atributos y las variables asociadas con la ubicación. Por ejemplo, Revollo (2009), Carriazo *et al.* (2011) y Santana y Núñez (2011) encuentran que variables como el área, el estrato y la cercanía a establecimientos de recreación, zonas verdes y servicios públicos tienen un efecto positivo en el precio de los inmuebles, mientras que elementos como la contaminación e inseguridad contribuyen de manera negativa. Por su parte, Morales y Arias (2011) comprueban que el número de cuartos, el número de baños, el estrato, la disponibilidad de garajes, zonas verdes y servicio telefónico tienen un efecto positivo en el valor de la vivienda.

Otro estudio que vale la pena resaltar es el de Arbeláez *et al.* (2011), quienes estiman una función de demanda de vivienda para Colombia, la cual depende del precio de los inmuebles, del ingreso de los hogares y un conjunto de sus características socioeconómicas. En el cálculo del precio los autores utilizan el método hedónico para construir un índice de precios a partir de las características físicas de las viviendas y de variables asociadas con el entorno.

En China, Wang *et al.* (2012) calculan el efecto de la calidad del barrio en el que está ubicado un inmueble sobre su valor, mediante la metodología de precios hedónicos. En particular, los autores construyen un panel desbalanceado a partir de la información de la encuesta de hogares de China⁵. En el modelo definen tres tipos de atributos que miden la calidad del barrio: capital humano (años promedio de escolaridad y diversidad ocupacional de los hogares), capital social (duración de la tenencia de vivienda y tasa

5 Cabe resaltar que los precios de las viviendas que se incluyen en el modelo corresponden al valor promedio de los arriendos que recibe el propietario del inmueble, que obtiene de la información reportada en la encuesta, y no a los precios de transacción o de lista.

promedio de propietarios de inmuebles) y capital cultural (diversidad étnica). Adicionalmente, incluyen otros atributos relacionados con la ubicación de los inmuebles, como la disponibilidad de colegios, parques, supermercados y hospitales, así como efectos fijos que capturan factores no observables.

Otro trabajo que incluye un componente de capital humano en la ecuación hedónica es el de Rauch (1992), quien señala que la concentración de capital humano en una ciudad o zona específica, donde los salarios son, en comparación, más altos que en otro lugar, incrementa el precio de la vivienda, en la medida en que muchos agentes (trabajadores y empresas) tienen interés por estar en este lugar y la oferta es limitada.

Para el segundo grupo de estudios no se conocen aproximaciones para el caso colombiano. No obstante, internacionalmente se encuentran diversos trabajos. Se resalta el artículo de Wallace (1996), en el que mediante técnicas no paramétricas se estimaron funciones de precios hedónicos y se construyeron índices de precios de vivienda para el Condado de Alameda en California: uno tipo Paasche, otro tipo Laspeyres⁶, y un índice ideal o superlativo de Fisher, que es el promedio geométrico entre los dos anteriores. Asimismo, Idrovo y Lennon (2011) calculan un índice de precios de vivienda nueva para el Gran Santiago en Chile a partir de los registros mensuales de ventas inmobiliarias de las empresas suscritas a la Cámara Chilena de Construcción desde 1994 hasta 2010. Las variables utilizadas en este trabajo fueron la ubicación, el tipo de inmueble y el área, que son determinantes en las variaciones del precio.

En el caso de España se resalta el trabajo de Bover y Velilla (2002), donde se propone una estimación alternativa del modelo hedónico para calcular un índice de precios de la vivienda nueva para varias ciudades de España, ajustada por cambios en la calidad. Los autores incorporan efectos fijos de sitio (proyecto inmobiliario) para controlar las características no observadas de los inmuebles, tales como el tráfico, la cercanía a servicios públicos, la ubicación, el transporte, entre otros. La base de datos empleada en estas estimaciones contiene información detallada de las características para cada inmueble, tales como el área, número de habitaciones y baños, el acceso a garaje, aire acondicionado, espacios deportivos, jardín, entre otros.

Adicionalmente, dentro de la metodología de precios hedónicos existe una rama que se ha enfocado en la estimación de índices de precios de la vivienda que controlan por factores asociados con su localización, mediante el uso de técnicas de la economía espacial. Dentro de este grupo se resaltan los trabajos de Baltagi y Bresson (2010) y Baltagi *et al.* (2013) en los que se estima un índice de precios de vivienda para París que controla por las características de los inmuebles y por elementos asociados con el entorno. En el primero los autores proponen la aplicación del método de máxima verosimilitud a los modelos de ecuaciones aparentemente no relacionadas, conocidos en la literatura como modelos *seemingly uncorelated regressions* SUR⁷. La especificación propuesta usa

6 Un índice tipo Laspeyres deja fijas las cantidades de compra del período base, para calcular el monto en que aumenta o disminuye el valor de compra de una canasta de bienes y servicios entre dos períodos. Por su parte, el índice Paasche utiliza la canasta de bienes del período t para calcular el monto en que aumenta o disminuye el valor de compra de dicha canasta en dos períodos.

7 En términos generales, estos tipos de modelos constan de varias ecuaciones por estimar, donde cada una tiene su propia variable dependiente y, potencialmente, diferentes conjuntos de variables explicativas exógenas.

un sistema de tres ecuaciones SUR correspondientes a tres tipos de inmuebles dentro de ochenta distritos de París entre 1990 y 2003. Los resultados sugieren que existe heterogeneidad en el comportamiento de los precios de las viviendas tanto en el tiempo como en la localización espacial.

En el segundo trabajo se utiliza información más desagregada acerca de la ubicación de los inmuebles ya que, además del barrio y el distrito, se emplea la ubicación del bloque al que pertenece⁸. Sumado a esto, se modela la estructura anidada de los datos, en el sentido de que un bloque hace parte de un barrio y este, a su vez, se localiza en un determinado distrito. En este caso los autores extienden la estimación de máxima verosimilitud desarrollada por Antweiler (2001) para paneles de datos desbalanceados y anidados, al caso donde se incorpora un rezago espacial.

Vale la pena resaltar que existen diferentes enfoques para la implementación de los modelos hedónicos. Siguiendo a Triplett (2004), estos enfoques se pueden clasificar en tres grupos: *time dummy method*, métodos de imputación y métodos híbridos.

El *time dummy method* es el enfoque más utilizado internacionalmente para construir índices de precios de vivienda, y fue propuesto por Court (1939). En términos generales, este método consiste en incluir dentro de la especificación del modelo, además del vector de atributos de los inmuebles, *dummies* de tiempo que identifiquen el período en que se vendió la vivienda. En sentido, los coeficientes que acompañan estas *dummies* estarían recogiendo las variaciones en los precios con respecto a un período base, aislando los cambios en la calidad. La forma más simple para calcular los índices de precios es el exponencial de estos coeficientes (véase Eurostat, 2013, y Hill, 2004).

El segundo enfoque de la metodología de precios hedónicos es el método de imputación, en el cual los precios implícitos de los atributos varían en el tiempo, dependiendo de qué tan rápido cambian las preferencias de los individuos por las características de los inmuebles. La idea general de esta metodología es relacionar el precio de las viviendas en función de *dummies* de tiempo que denotan el período en que el inmueble fue vendido, y de un vector con sus respectivas características, donde sus precios implícitos corresponden al promedio de los períodos considerados. De acuerdo con Diewert *et al.* (2007), esta metodología debe emplearse cuando la valoración de los atributos que definen una vivienda sean inestables en el tiempo, es decir, si los parámetros de la ecuación hedónica cambian significativamente al calcularlos en momentos diferentes.

En tercer lugar, se han hecho algunos intentos de combinar el enfoque de ventas repetidas con el de precios hedónicos. Case y Quigley (1995) fueron los primeros en abordar el método híbrido, argumentado que este enfoque explota toda la información de los precios de venta y soluciona los problemas de los cambios en la calidad de los inmuebles y de sesgo de selección de la muestra. La idea detrás del modelo híbrido es estimar conjuntamente una ecuación hedónica con una de ventas repetidas. Case y Quigley (1991) y Quigley (1995) emplean una muestra de ventas individuales y otra de ventas repetidas de

Además, los residuos entre las ecuaciones están correlacionados, es decir, que dichas ecuaciones están relacionadas solo mediante los términos de perturbación. En estas circunstancias, el estimador de MCO es ineficiente e inconsistente, por lo que se requiere de otro estimador, que se calcula en tres etapas.

8 En este caso la influencia del entorno se incorpora mediante el uso de variables *dummies* que identifican el distrito donde está ubicada la vivienda.

viviendas, para estimar un índice de precios mediante una regresión por mínimos cuadrados generalizados.

Teniendo en cuenta los métodos descritos, en este documento se utilizará el *time dummy method* para estimar el índice de precios de vivienda, debido a su simplicidad y a que es el que mejor se ajusta a la base de datos disponible. Además, es el más utilizado internacionalmente, con una amplia literatura que lo respalda. No obstante, presenta algunas limitaciones en términos de flexibilidad, dado que no recoge el cambio en el tiempo de las preferencias de los agentes por los atributos de los inmuebles.

Considerando que la base de datos disponible para Bogotá contiene información individual de las ventas de las inmuebles y de las características que las componen, se tomará como referencia el trabajo de Bover y Velilla (2002), donde la información empleada es similar. Esta metodología permitirá estimar un índice de precios de vivienda ajustado, no solo por los cambios en la calidad de los inmuebles, sino también por la influencia de factores no observados mediante la aplicación de efectos fijos por proyecto inmobiliario.

Finalmente, cabe resaltar que este trabajo es una primera aproximación a la medición de los precios de las viviendas mediante la metodología de precios hedónicos en Colombia, por lo que se debe seguir avanzando en el mejoramiento de las metodologías, por ejemplo mediante la implementación del método de imputación o incorporando elementos de la economía espacial.

2. EVOLUCIÓN DEL SECTOR DE LA VIVIENDA EN COLOMBIA

Durante las dos décadas más recientes el sector de la vivienda en Colombia ha experimentado un comportamiento cíclico, en el cual se observan períodos de auges y caídas en la construcción y en los precios de los inmuebles. En este lapso, el mercado de la vivienda presentó cambios significativos que se reflejaron en los principales indicadores económicos del sector, tales como su participación en el PIB, la dinámica de los precios de los inmuebles y el comportamiento del crédito de esta modalidad. Los cambios también se evidenciaron en el tipo de vivienda construida y su calidad.

En esta sección se presenta una breve descripción del mercado de la vivienda en Colombia para los últimos veinte años, y se muestran los cambios más importantes en algunas variables relacionadas con la calidad de las viviendas, que son relevantes para entender la situación actual del mercado y para una mejor interpretación de lo que sugiere un índice de precios hedónicos, el cual considera cambios en las características de la vivienda a lo largo del tiempo.

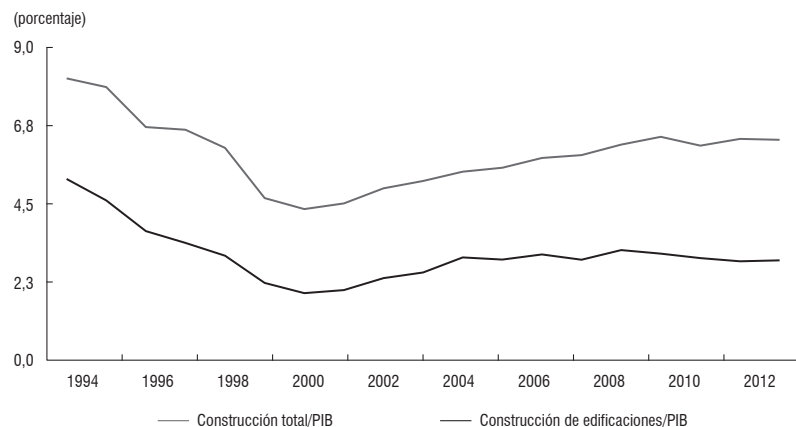
2.1 Dinámica del mercado

En términos generales, el sector de la vivienda en Colombia ha mostrado diferentes cambios en los últimos veinte años, que se han visto reflejados principalmente en el comportamiento de la construcción, en la evolución del crédito de esta modalidad y en los precios de los inmuebles.

En primer lugar, es importante mencionar que el sector de la construcción es relevante para el desempeño económico del país, ya que se encuentra interrelacionado con diversas industrias de la economía, como la metalúrgica, la maderera y la cementera. Adicionalmente, genera una importante demanda de mano de obra, especialmente no calificada: el 89% de la mano de obra en el sector es no calificada, la cual, a 2012, representó el 7,3% del total de mano de obra no calificada del país.

Al analizar el comportamiento del subsector de edificaciones, se observa que entre 1994 y 1995 su participación en el PIB alcanzó niveles cercanos al 5%, mientras que con la crisis descendió hasta valores cercanos al 2%. Desde entonces el indicador ha exhibido una lenta recuperación y para 2012 se ubicó en un nivel de 2,9% del PIB. Se destaca que el comportamiento del subsector de edificaciones exhibe una evolución similar a la observada para el sector de la construcción (Gráfico 1).

Gráfico 1
Participación de la construcción en el PIB

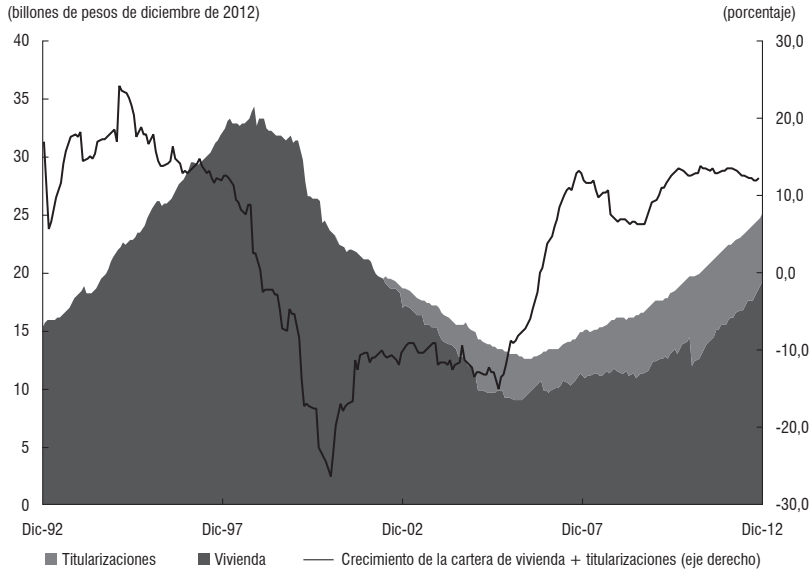


Fuente: DANE; cálculos del Banco de la República.

Por otro lado, el comportamiento de la cartera de vivienda y su participación dentro del PIB también han reflejado, en cierta medida, los períodos de auge, crisis y posterior recuperación de este mercado. Durante el comienzo de la década de los noventa el auge en el sector se evidenció en las altas tasas de crecimiento registradas por la cartera de vivienda (Gráfico 2, panel A). Las tasas reales de crecimiento de esta modalidad alcanzaron niveles por encima del 20%, las cuales fueron muy superiores al promedio de las dos décadas más recientes (2,8%). Al analizar el indicador de cartera de vivienda sobre el PIB, se observa una tendencia creciente, alcanzando en 1998 un nivel de 9,5% (máximo histórico) (Gráfico 2, panel B).

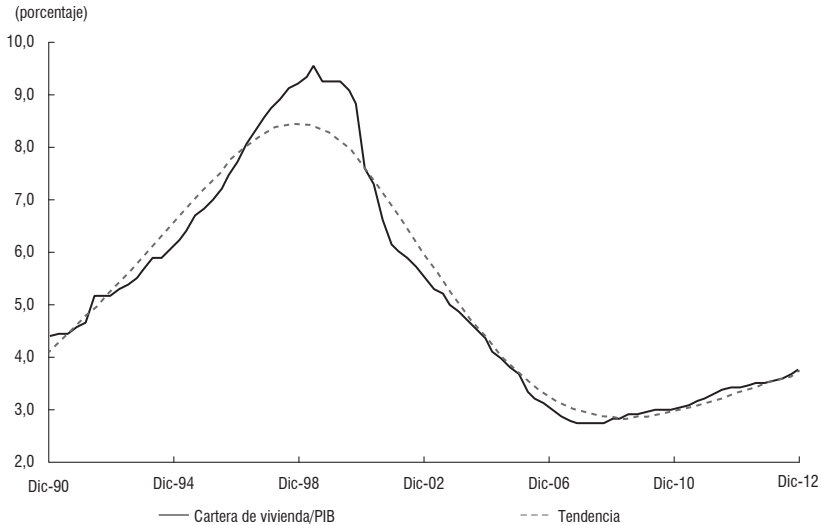
Gráfico 2 Evolución de la cartera de vivienda

A. Saldo y crecimiento real de la cartera



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

B. Razón de la cartera de vivienda sobre PIB

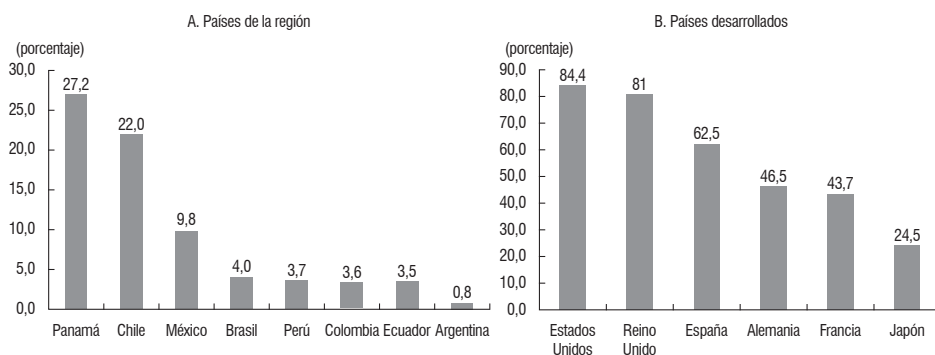


Fuentes: Superintendencia Financiera de Colombia y DANE; cálculos del Banco de la República.

Tras la crisis económica de finales de los años noventa, la cartera de vivienda presentó una fuerte desaceleración, registrando tasas de crecimiento cercanas al -25% a finales del año 2000. Por su parte, el indicador de cartera sobre PIB registró fuertes caídas que se prolongaron durante gran parte del período de análisis, llevando al indicador a alcanzar un nivel mínimo de 2,7% del PIB en 2006 (Gráfico 2, panel B). Durante el período de gran dinámica de la cartera (2006-2007), el crecimiento del crédito de vivienda se ubicó por encima del promedio histórico, tomando valores cercanos a los niveles precrisis, generando que la participación de esta modalidad de crédito en el PIB se incrementara, aunque sin alcanzar lo observado a comienzos de la década de los noventa.

Al comparar el indicador de cartera de vivienda sobre PIB entre economías de la región y con algunas economías desarrolladas, se observa que Colombia registra un nivel bajo en comparación con Panamá, Chile, México, Brasil y Perú (Gráfico 3, panel A). Por otra parte, este indicador para las economías desarrolladas está muy por encima del observado en las economías latinoamericanas, en general mayores al 40% (excepto Japón, la cual registró un indicador de 24,5%) (Gráfico 3, panel B).

Gráfico 3
Indicadores de profundización financiera



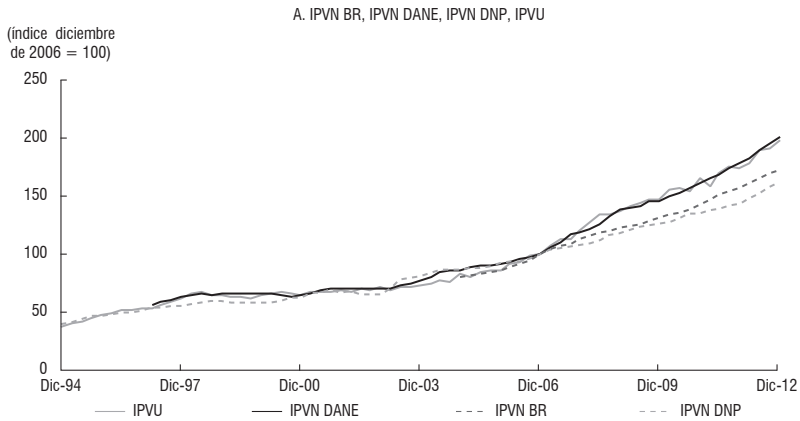
Fuentes: Asobancaria y Global Property Guide; cálculos del Banco de la República.

Los precios de la vivienda en Colombia también han reflejado el comportamiento cíclico observado en el crecimiento de la cartera y en la participación de la construcción en el PIB. En el Gráfico 4 se presenta la evolución de los índices de precios de la vivienda nueva y usada, junto con sus respectivas variaciones anuales calculadas por el DANE, el DNP y el Banco de la República⁹. Se destacan las altas tasas de crecimiento que los precios de la vivienda registraron durante el comienzo de los años noventa, y la pronunciada dismi-

⁹ El índice de precios de vivienda nueva (IPVN BR), calculado por el banco central, utiliza la base de datos de La Galería Inmobiliaria y consiste en un promedio simple del precio por metro cuadrado de todos los inmuebles nuevos que están a la venta en cada momento del tiempo. Para mayor información véase el *Reporte de Estabilidad Financiera* (marzo de 2013).

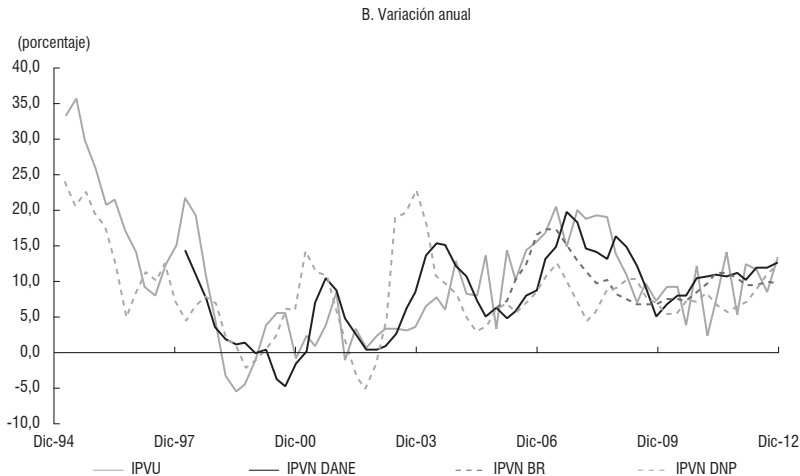
nución de dichas tasas en el preámbulo de la crisis de finales de la década pasada. Desde 2002 los precios de la vivienda han venido mostrando un crecimiento nominal anual sostenido, el cual se intensificó en el período 2006-2007, cuando dichas tasas de crecimiento se ubicaron por encima del promedio histórico (1994-2012) y que inclusive alcanzaron niveles superiores al 20%. Tras la crisis financiera internacional de 2008 dichas tasas de crecimiento se redujeron levemente, pero continúan por encima del promedio histórico.

Gráfico 4
Índices de precios de la vivienda^{a/}



a/ IPVU Nacional (Bogotá, Medellín y Cali), IPVN DANE (zona urbana Bogotá), IPVN BR (Bogotá), IPVN DNP (Bogotá).

Fuentes: DANE, DNP, Banco de la República y La Galería Inmobiliaria; cálculos del Banco de la República.



Fuentes: DANE, DNP, Banco de la República y La Galería Inmobiliaria; cálculos del Banco de la República.

En general, se observa que después de la crisis financiera de finales de los años noventa, el sector de la vivienda presenció un estancamiento hasta mediados de la década pasada, alcanzando mínimos históricos en términos de participación en la actividad económica, cartera de vivienda sobre PIB y precios. No obstante, a partir de 2005 el sector mostró una importante recuperación, que se ha evidenciado con el crecimiento de la cartera y de la dinámica de los precios de la vivienda. Todo esto ha estado sin duda influenciado también por la mayor dinámica que exhibió la economía colombiana en el mismo período.

2.2 Cambios en las características de los inmuebles en Bogotá

Además de los cambios macroeconómicos observados en el sector de la vivienda en Colombia durante el período 1990-2012, también se evidenciaron cambios importantes en la calidad de los inmuebles, tal y como lo confirma la información recolectada por La Galería Inmobiliaria. Esta base de datos contiene información del mercado de vivienda nueva (apartamentos y casas) para Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, Bucaramanga y Villavicencio¹⁰, la cual se obtiene por medio de encuestas mensuales que se aplican a todas las salas de ventas en cada ciudad. Cada proyecto inmobiliario se monitorea desde el momento en que aparece la sala de ventas, hasta que la última unidad es vendida. La información contenida en esta base incluye características de cada uno de los inmuebles, así como las unidades ofrecidas, vendidas, y el precio de venta de cada vivienda¹¹.

El presente análisis se desarrolla para la ciudad de Bogotá, cuyo mercado representa el 40% del total de las ventas en la base de datos; se utiliza, además, información del período 2003-2013, dada la disponibilidad de los registros. El Cuadro 1 contiene las estadísticas descriptivas más relevantes de la base a lo largo del período de estudio. En el Cuadro 2 se presenta el comportamiento de estas variables por estrato socioeconómico, para el promedio del período de análisis.

Desde enero de 2003 hasta marzo de 2013 se vendieron 400.526 inmuebles nuevos, que hacían parte de 3.416 proyectos de vivienda. Estas ventas se concentraron en los estratos 2 y 3 (62%), mientras que los estratos 5 y 6 tuvieron una menor participación (13%). Los períodos en los que se registró el mayor número de ventas coinciden con los momentos en que se observaron fuertes incrementos en los precios de la vivienda y un mayor dinamismo de esta cartera (2006-2007). En contraste, durante el año 2012 se registró el número más bajo de ventas de inmuebles de la muestra.

Por otra parte, en el período de análisis se aprecia una sustitución de venta de casas por apartamentos: mientras que en el año 2003 el 53% del total de viviendas vendidas eran casas, en 2012 este porcentaje disminuyó a 1,4%. Este comportamiento es observado

10 De acuerdo con La Galería Inmobiliaria, la muestra de ciudades que abarca la base de datos corresponde aproximadamente al 80% del total de la oferta de vivienda nueva del país.

11 Las características son: estrato, zona, barrio, área, número de habitaciones, número de baños, número de garajes y un conjunto de atributos que pueden o no estar disponibles, tales como depósito, chimenea, tina, parque infantil, canchas o gimnasio, planta eléctrica, sauna, ascensor, otros.

Cuadro 1
Estadísticas descriptivas por año

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 ^{a/}
Total											
Número de proyectos	604	800	854	932	921	906	910	1056	819	797	493
Número de inmuebles vendidos	34.594	35.586	40.636	50.655	42.426	34.415	40.324	41.411	41.061	31.917	7.501
Porcentaje de apartamentos	57,0	54,5	57,0	69,1	87,1	90,5	93,4	92,1	97,4	98,6	98,5
Media											
Precio ^{b/}	85,9	90,1	89,3	99,1	122,8	137,6	129,2	149,6	172,0	204,9	227,2
Área total (m ²)	79,4	80,6	76,5	73,6	74,6	72,7	67,0	68,7	69,4	68,9	69,7
Precio por metro cuadrado ^{b/}	0,9	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2	2,7	2,9
Número de alcobas	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Número de baños	1,9	1,9	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
Número de garajes	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5
Porcentaje de viviendas que cuentan con la característica											
Depósito	29,1	29,7	27,9	29,5	30,5	30,0	21,8	25,1	28,1	32,4	35,5
Chimenea	17,8	21,3	18,9	18,5	19,5	20,8	17,4	18,7	18,0	20,9	20,5
Tina	9,9	10,4	6,6	5,9	4,9	4,8	2,2	2,3	2,9	3,2	3,3
Salón comunal	89,4	91,3	89,9	91,4	96,4	97,3	96,3	96,7	93,9	97,1	95,1
Parque infantil	68,9	66,2	68,4	69,9	69,6	68,1	60,2	61,6	67,3	71,3	69,3
Canchas o gimnasio	31,8	31,6	30,3	32,8	37,2	34,2	34,3	39,2	36,4	39,6	40,9
Planta eléctrica	25,6	25,2	23,3	28,0	33,0	33,4	38,6	40,9	41,9	47,5	56,1
Sauna	9,2	7,3	6,8	8,8	11,2	10,2	8,3	12,2	10,1	12,5	14,1
Ascensor	33,7	36,0	35,5	39,6	47,5	47,9	47,7	52,3	57,5	65,1	71,1

a/ Incluye información hasta marzo.

b/ Cifras en millones de pesos.

Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

Cuadro 2
Estadísticas descriptivas por estrato

	2	3	4	5	6	Total
Total						
Número de proyectos	362	718	741	701	826	33.483
Número de inmuebles vendidos	121.499	126.470	100.693	28.735	23.129	400.526
Participación en ventas	30,0	32,0	25	7	6	100
Porcentaje de apartamentos	59,9	80,9	94,5	94,7	97,6	79,9
Media						
Área total (m ²)	49,3	61,0	87,5	115,5	146,7	73,0
Número de alcobas	2,6	2,8	2,8	2,5	2,3	2,7
Número de baños	1,1	1,6	2,2	2,6	2,9	1,8
Número de garajes	0,9	1,2	1,3	1,7	2,0	1,3
Porcentaje de viviendas que cuentan con la característica						
Depósito	0,6	12,0	50,8	88,3	92,5	28,4
Chimenea	0,7	2,6	35,3	65,8	77,6	19,1
Tina	0,0	0,5	5,6	23,0	34,7	5,2
Salón comunal	88,8	96,7	97,3	93,9	91,0	93,9
Parque infantil	56,6	75,2	78,9	59,3	37,1	67,1
Canchas o gimnasio	8,4	26,8	64,9	60,1	55,0	34,8
Planta eléctrica	3,8	23,2	63,4	67,8	81,0	34,0
Sauna	0,1	5,2	19,6	27,0	19,7	9,7
Ascensor	10,0	40,8	92,0	99,5	99,7	58,2
Precio promedio por inmueble ^{b/}						
2003	23,4	40,9	94,1	188,4	353,0	85,9
2004	24,1	43,3	105,5	209,8	373,9	90,1
2005	24,9	47,1	118,5	222,1	408,6	89,3
2006	27,1	57,0	133,1	236,9	417,9	99,1
2007	32,6	71,0	161,6	278,7	452,0	122,8
2008	37,1	86,4	188,8	299,2	497,5	137,6
2009	40,7	87,0	201,3	307,8	510,7	129,2
2010	46,3	97,2	234,9	340,6	550,3	149,6
2011	53,9	103,1	244,0	345,2	699,8	172,0
2012	66,2	128,0	278,6	377,4	717,6	204,9
2013 ^{a/}	78,0	134,5	320,7	399,8	790,9	227,2

a/ Incluye información hasta marzo.

b/ Cifras en millones de pesos.

Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

en todos los estratos, especialmente en el 2 y 3¹². Lo anterior podría estar explicado por las restricciones de tierra en Bogotá, lo cual ha incentivado a los constructores a desarrollar proyectos principalmente de vivienda vertical.

En cuanto al precio promedio de la vivienda, se resalta la tendencia alcista observada durante todo el período para todos los estratos, dinámica que ha estado acompañada por una disminución en el área de los inmuebles: mientras que entre 2003 y 2008 las viviendas tenían en promedio 76 metros cuadrados, a partir de 2009 esta área ha permanecido alrededor de 69 metros cuadrados. Cabe destacar que entre estratos la diferencia en área es representativa: como se muestra en el Cuadro 2, los inmuebles de estrato 2 tienen en promedio un área de 49 metros cuadrados, mientras que en estrato 6 esta asciende a 146 metros cuadrados.

Con respecto a las características de los inmuebles, se observaron variaciones entre estratos socioeconómicos y en el tiempo. En primer lugar, se aprecia que el número de baños es superior en las viviendas de mayor estrato: mientras que en el estrato 2 el 88% de los inmuebles tienen un solo baño, en el estrato 6 el 37,3% cuenta con tres baños, y el 22% con cuatro baños. No obstante, esta característica se ha mantenido relativamente estable en el tiempo. Por otro lado, el número de alcobas es similar entre estratos, y no ha mostrado mayores cambios en el período de análisis. Por otra parte, el número promedio de garajes ha aumentado en el tiempo, y además se encuentra que la mayor parte de las viviendas vendidas tienen acceso por lo menos a un garaje, a excepción de las de estrato 2.

Con relación a la disponibilidad de ciertos servicios comunales, se encontró que el porcentaje de viviendas que cuenta con acceso a un salón comunal, parque infantil y canchas o gimnasios se ha incrementado en el tiempo. Asimismo, se observa que la oferta de estos atributos es más alta en los estratos intermedios, mientras que para los estratos 2 y 6 esta es más baja.

Finalmente, en relación con los domicilios con planta eléctrica, se observa un incremento considerable entre 2003 y 2012. Los estratos con mayor número de plantas eléctricas son el 5 y el 6, seguidos por el 4, mientras que en los estratos 2 y 3 esta cuantía es menos significativa. Asimismo, se evidencia un incremento en los apartamentos con ascensores, cuya proporción fue de 71,1% en 2012; no obstante, este comportamiento varía según estrato: en el estrato 2 tan solo el 10% de los apartamentos cuenta con esta característica, mientras que en los estratos 5 y 6 este porcentaje es cercano al 100%. Por otro lado, las chimeneas y el sauna son características que han venido apareciendo con mayor frecuencia y que se han concentrado fundamentalmente en los estratos 4 y 5. Por último, el porcentaje de viviendas con tina siempre ha sido bajo: se presenta principalmente en los estratos más altos y ha exhibido una reducción durante el período analizado.

12 Para 2003 en el estrato 2 el 82% de las ventas se concentraban en casas y el 18% restante en apartamentos, mientras que en 2012 estas participaciones pasaron a ser 2% y 98%, respectivamente. Asimismo, en el estrato 3 la participación de las casas dentro de las ventas en 2003 era 52%, y el 48% restante lo ocupaban los apartamentos; en 2012 estas cifras cambiaron a 1% y 99%, en su orden.

En resumen, se observa que la vivienda en Bogotá ha presentado cambios importantes en el decenio más reciente. Factores como cambios demográficos, culturales y de ingreso, junto con las restricciones de espacio evidenciadas en las grandes urbes, pudieron haber influenciado cambios en las características y calidad de los inmuebles y, por tanto, podrían haber afectado los precios. Entre los cambios observados, se resalta una mayor proporción de apartamentos frente a casas; inmuebles de menor tamaño con precios por metro cuadrado más altos; viviendas con mayor cantidad de garajes, depósitos, ascensores, salones comunales, parques y gimnasios. Sin embargo, no se han observado grandes cambios en el número de alcobas ni en el número de baños por inmueble.

3. METODOLOGÍA

3.1. Modelo teórico

En 1974 Sherwin Rosen formalizó la teoría de los precios hedónicos. La hipótesis principal detrás de estos modelos es que los bienes diferenciados son valorados de acuerdo con la cantidad de cada una de las características asociadas con el bien, y la utilidad que estas representen para cada individuo.

El modelo parte del supuesto de que el mercado de bienes diferenciados, en este caso el de la vivienda, es un mercado competitivo donde interactúan compradores y vendedores. Se supone que cada vivienda está descrita por un conjunto de n características que son medidas de forma objetiva entre agentes, es decir, la percepción de todos los agentes acerca de la cantidad de cada una de las características de un bien es la misma.

De acuerdo con lo anterior, cada uno de los inmuebles en el mercado está completamente representado por un vector $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$, donde z_i es la cantidad de la i -ésima característica presente en el bien. En este sentido, los precios de los inmuebles son una función del vector z , es decir, $p(z) = p(z_1, z_2, \dots, z_n)$. Se supone, además, que este mercado es competitivo en el sentido de que ningún agente tiene suficiente peso como para modificar los precios, más aún, estos resultarán de un proceso de maximización.

Sea $U = (x, z_1, z_2, \dots, z_n)$ la función de utilidad de los consumidores, donde x es el consumo de bienes diferentes a la vivienda. Si normalizamos el precio de x a 1 y definimos y como el ingreso del individuo, entonces la restricción presupuestal estará dada por $y = x + p(z)$ si se supone que el individuo demanda una unidad de vivienda (el modelo puede generalizarse de forma sencilla para tener en cuenta situaciones donde esto no se cumple).

De la maximización de la utilidad se obtiene que el individuo escogerá la demanda por x y z_i que satisfaga la condición de primer orden:

$$\frac{\partial p}{\partial z_i} = p_i = \frac{U_{z_i}}{U_x} \quad (1)$$

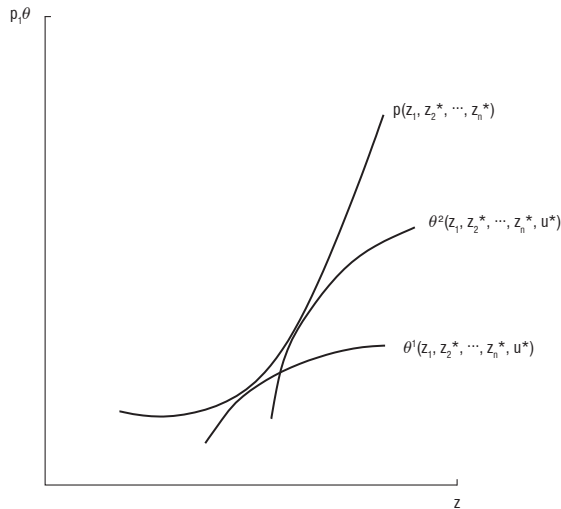
donde U_{z_i} y U_x son las derivadas parciales de la función de utilidad U con respecto a z_i y a x , respectivamente, y p_i es el precio hedónico del i -ésimo bien, es decir, el aporte que hace una unidad de esta característica al precio del bien final.

Si se define θ como la máxima disposición a pagar del individuo, por un bien con características z y dado unos niveles de ingreso y y utilidad $\bar{u}$, entonces θ se define de forma implícita mediante la ecuación:

$$U(y - \theta, z_1, \dots, z_n) = \bar{u} \quad (2)$$

Es posible mostrar mediante diferenciación implícita que θ se incrementa en la medida en que los z_i aumentan, pero que este aumento es decreciente, es decir, $\theta(z_i)$ es una función creciente y cóncava. En resumen, $(\theta, z, \bar{u}, y)$ es lo que el consumidor está dispuesto a pagar por z , si tiene un ingreso y y quiere garantizar una utilidad $\bar{u}$, mientras que $p(z)$ es el precio mínimo que tendrá que pagar en el mercado. En consecuencia, siguiendo a Rosen (1974), la utilidad se maximizará cuando se determinen valores óptimos de z y $\bar{u}$ que garanticen que $\theta(z^*, \bar{u}^*, y) = p(z^*)$ y $\theta_{z_i}(z^*, \bar{u}^*, y) = p_{z_i}(z^*)$ para todo i , siendo θ_{z_i} y p_{z_i} las derivadas parciales de las funciones θ y con respecto a z_i . Lo anterior es equivalente a garantizar la tangencia entre la función de precios de mercado y la función de máxima disposición a pagar (Diagrama 1).

Diagrama 1
Ecuación hedónica y máximas ofertas de compra



Fuente: Rosen (1974).

Por su parte, el productor de bienes inmuebles deberá escoger qué cantidad de cada tipo de inmuebles desea producir. Sea $C(M, z, \beta)$ la función de costos asociada con la producción, donde $M(z)$ es la cantidad de unidades producidas del bien definido por z , y el parámetro β representa el tipo de estructura de costos de la firma.

La decisión del productor resulta de escoger la cantidad de producto final y de características z , que maximizan sus beneficios $\pi = Mp(z) - C(M, z_1, \dots, z_n)$. De lo anterior se obtiene que el ingreso y costo marginal deben ser iguales, tanto para los cambios en características como para el bien final:

$$p_i(z) = C_{zi}(M, z_1, \dots, z_n) / M \quad (3)$$

$$p(z) = C_M(M, z_1, \dots, z_n) \quad (4)$$

De forma análoga a lo expuesto en el problema del consumidor, se plantea una función de oferta $\phi(z_1, \dots, z_n, \bar{\pi}, \beta)$, que determina el mínimo valor al que un productor estará dispuesto a vender un bien con características z , si quiere garantizar un nivel fijo de beneficios $\bar{\pi}$. Esta función se define de forma implícita en términos de z , π y β mediante las siguientes ecuaciones:

$$\pi = M\phi - C(M, z_1, \dots, z_n) \quad (5)$$

$$\phi = C_M(M, z_1, \dots, z_n) \quad (6)$$

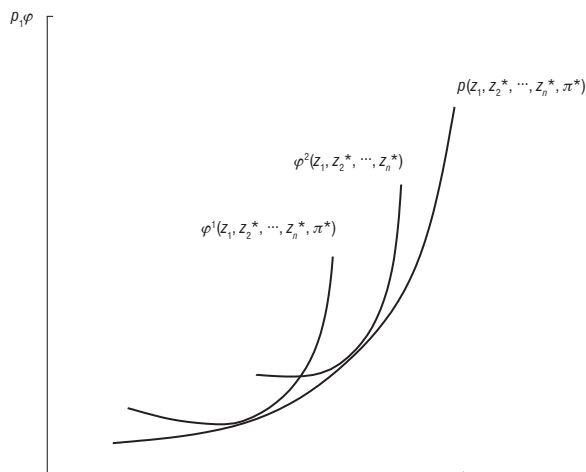
Rosen muestra que Πz_i y Π_{ziz_i} son positivas, es decir, la función $\phi(z_i)$ es creciente y convexa. Siguiendo la misma intuición, el beneficio de las firmas se maximiza cuando las curvas $\phi(z_i)$ y $p(z_i)$ son tangentes para todo i . Es decir, $p_i(z^*) = \phi_{z_i}(z_i^*, \dots, z_n^*, \pi^*, \beta)$ y $p_i(z^*) = \phi(z_i^*, \dots, z_n^*, \pi^*, \beta)$ (Diagrama 2).

Sobreponiendo las diagramas 1 y 2, Rosen muestra que la función de precios hedónicos $p(z_1, \dots, z_n)$ es la envolvente de los equilibrios de un mercado diferenciado, que no se caracteriza mediante agentes representativos. Por lo anterior, la función hedónica resulta de todas las interacciones en el mercado, por lo que estimarla con técnicas econométricas permitiría encontrar el cambio del precio en el tiempo, controlando por el efecto de variaciones en las características.

3.2. Estimaciones econométricas

Si un determinado número de inmuebles de la misma calidad son vendidos en cada período, para construir un índice de precios de vivienda sería suficiente calcular una medida de tendencia central de los precios a los que se vendieron en cada momento. El hecho de que la calidad de los inmuebles varía en el tiempo hace necesaria la construcción de índices de precios que controlen por dichos cambios (Knight *et al.*, 1995).

Diagrama 2
Ecuación hedónica y mínimas ofertas de venta



Fuente: Rosen (1974).

En esta sección se presentan los modelos estadísticos que se estiman para construir índices de precios que controlan por calidad. Para construir estos índices, en la especificación econométrica se utilizan variables *dummy* que señalan el año en que un inmueble fue vendido y capturan la tendencia en el tiempo de los precios de la vivienda. Este enfoque, denominado el *time dummy method*, es usualmente utilizado en la metodología de precios hedónicos aplicada al mercado de vivienda, tal y como en Hill (2011), Knight *et al.* (1995), Gatzlaff y Ling (1994), Crone y Voith (1992) y Bover y Velilla (2002).

En este trabajo se estiman tres modelos econométricos con el objetivo de encontrar un índice de precios ajustado¹³. El primero es una regresión del precio en función del área y *dummies* de tiempo¹⁴, con el fin de estimar la variación del precio de la vivienda con respecto al año base, sin controlar por características. En el segundo se incluyen atributos observables de la vivienda junto con *dummies* de tiempo y, finalmente, en el tercero se controla por efectos fijos aditivos y multiplicativos¹⁵.

13 La base de datos utilizada para las estimaciones de este documento fue depurada de la siguiente manera: 1. Se eliminaron registros con precios iguales o menores a cero. 2. Para las estimaciones econométricas se eliminaron aquellos registros que presentaban áreas y precios atípicos (valores extremadamente altos o bajos), los cuales con certeza no reflejaban valores razonables de cualquier vivienda.

14 En lugar de definir la variable dependiente como el precio por metro cuadrado, el área será considerada como una variable explicativa. Esto permitirá estimar la elasticidad del precio de la vivienda con respecto al tamaño, la cual varía por proyecto en el ejercicio de efectos fijos multiplicativos.

15 En este trabajo se aplicó la prueba de Hausman para verificar la existencia de efectos fijos o aleatorios. Se concluyó que era necesario controlar por efectos fijos. Finalmente, para tener más detalles acerca de efectos fijos aditivos y multiplicativos —consúltese Cameron y Trivedi (2005)—.

El primer modelo estima, entonces, los precios de la vivienda incluyendo únicamente el área del inmueble y *dummies* de tiempo, de la forma:

$$p_{it} = \alpha_0 + \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta a_{it} + e_{it} \quad (t=1, \dots, T) \quad (7)$$

Donde p_{it} es el logaritmo del precio del inmueble i en el período t ; α_0 es el intercepto, y δ_s es el coeficiente asociado con la *dummy* de tiempo d_{sit} , la cual toma el valor de 1 cuando $s = t$ y 0 en otro caso. Por su parte, a_{it} es el logaritmo del área del inmueble i en t , medido en metros cuadrados y β su coeficiente asociado. Finalmente, e_{it} es el término de error.

En el segundo modelo se estima una ecuación hedónica de la forma:

$$p_{it} = \alpha_0 + \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta a_{it} + \sum_k \phi_k c_{kit} e_{it} \quad (t=1, \dots, T) \quad (8)$$

Esta especificación, a diferencia de la anterior, incluye el efecto de la calidad del inmueble, donde $\sum_k \phi_k c_{kit}$ es la sumatoria de las k características c de la vivienda i en el año t multiplicada por el precio implícito ϕ_k . Dichas características incluyen, entre otros, el número de baños y garajes, además de la existencia de ciertos atributos, como depósito, ascensor, chimenea, tina, estudio, extractor y cancha o gimnasio.

Adicional a estas características, variables asociadas con atributos propios de la zona o proyecto, como la seguridad y los niveles de contaminación, así como la distancia al transporte masivo, entre otras, podrían ser determinantes en la regresión hedónica. No incluirlas podría implicar problemas de variable omitida. Para asegurar que se controla por estas características no observadas se hizo una tercera regresión, incluyendo efectos fijos aditivos η_j asociados con cada proyecto inmobiliario. De esta forma, la ecuación hedónica se especifica de la siguiente manera:

$$p_{ijt} = \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta a_{ijt} + \eta_j + \sum_m \phi_m c_{mit} + \epsilon_{ijt} \quad (t=1, \dots, T) \quad (9)$$

donde el subíndice j identifica cada uno de los proyectos inmobiliarios, la variable η_j captura los efectos fijos por proyecto y las variables c_{mit} son las características que varían para los inmuebles dentro de un proyecto, es decir, la que no está recogida en los efectos fijos.

Como es usual, la ecuación (9) se estima después de transformar las variables, restando de cada una su media por proyecto:

$$(p_{ijt} - \bar{p}_j) = \sum_{s=1}^T \delta_s (d_{sit} - \bar{d}_{sj}) + \beta (a_{ijt} - \bar{a}_{jt}) + (\epsilon_{ijt} - \bar{\epsilon}_j) \quad (t=1, \dots, T) \quad (10)$$

donde $\bar{p}_j, \bar{d}_{sj}, \bar{a}_{jt}, \bar{\epsilon}_j$ son los promedios de las variables $p_{ijt}, d_{sit}, a_{ijt}, \epsilon_{ijt}$ para el proyecto j .

Las especificaciones descritas se estimarán utilizando el método de mínimos cuadrados generalizados (MCG) y una estimación de regresión por cuantiles de la mediana, que es menos sensible a datos extremos.

Adicional a los controles por efectos fijos aditivos mencionados, se podría esperar que la contribución marginal del área en el precio varíe por zonas. Por lo anterior, se estima también una especificación del modelo con efectos fijos multiplicativos y aditivos, los cuales capturan justamente diferencias en la valoración marginal del área. La especificación de este modelo es la siguiente:

$$p_{ijt} = \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta_j a_{ijt} + \eta_j + \epsilon_{ijt} \quad (t=1, \dots, T) \quad (11)$$

Como en Bover y Velilla (2002), la estimación de (11) se realiza de acuerdo a la siguiente transformación:

$$(p_{ijt} - \bar{p}_j) = \hat{\theta}_j (a_{ijt} - \bar{a}_j) + \sum_{s=1}^T [(d_{sit} - \bar{d}_{sj})] - \hat{\phi}_{sj} (a_{ijt} - \bar{a}_j) + \tilde{v}_{ijt} \quad (t=1, \dots, T) \quad (12)$$

Donde $\hat{\theta}_j$ es el coeficiente de la regresión estimada por OLS auxiliar de $(p_{ijt} - \bar{p}_j)$ en $(m_{ijt} - \bar{m}_j)$ y $\hat{\phi}_{sj}$ es el coeficiente asociado con la variable de área de la regresión auxiliar entre $(d_{ijt} - \bar{d}_{sj})$ y $(m_{ijt} - \bar{m}_j)$.

En general, los modelos de precios hedónicos usualmente presentan algunos problemas econométricos, tales como de variable omitida, no normalidad de los errores y multicolinealidad. En el caso de la variable omitida, la severidad de este problema depende del objetivo del análisis; cuando se quiere estimar un índice de precios sin analizar los precios marginales de las características, el problema por variable omitida es menor¹⁶ (Hill, 2011). En el caso de la multicolinealidad y la no normalidad de los errores, ninguno de estos problemas afecta la consistencia e insesgamiento de los estimadores; en el caso de la no normalidad esto ocurre porque se cuenta con un N suficientemente grande, y en el caso de la multicolinealidad (no perfecta) puede mostrarse que, aún en presencia de este problema, los estimadores son consistentes e insesgados (Gujarati, 2004). Por lo anterior, las *dummies* de tiempo, utilizadas para construir el índice de precios, son estimadores insesgados y consistentes.

Como se mencionó, los modelos se estiman también por medio de regresión por cuantiles de la mediana. Esta metodología tiene ciertas ventajas sobre los estimadores de MCG, entre las que se destacan: que se obtienen estimadores menos sensibles a datos extremos, estimadores que son consistentes en condiciones más débiles y, finalmente, menos restricciones en cuanto a los supuestos sobre el comportamiento de los datos y los errores asociados con las regresiones (Cameron y Trivedi, 2005). En la siguiente sección se presentan los resultados de las estimaciones y los índices de precios calculados en cada uno de estos escenarios.

16 Es importante tener en cuenta que el objetivo de este trabajo es construir un índice de precios de vivienda nuevo controlando por variaciones en las características, y no estudiar el efecto de estas últimas en el precio de los inmuebles.

4. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de las estimaciones bajo las diferentes especificaciones econométricas, utilizando tanto el método de MCG como el de regresión por cuantiles en cada caso¹⁷. En el Cuadro 3 se muestran las estimaciones de la ecuación (7), en la que solo se incluyen *dummies* de tiempo y el logaritmo del área de los inmuebles. Esta especificación captura las variaciones en los precios de la vivienda, sin tener en cuenta el efecto de las características. Como es esperado, los coeficientes asociados con las *dummies* son significativos y positivos, y aumentan a lo largo del tiempo, lo cual indica que los precios de la vivienda han venido aumentando de manera sostenida durante todo el período analizado con respecto al año base (2002). Asimismo, el área tiene un efecto positivo sobre el precio de los inmuebles. Cabe resaltar que estos resultados son similares para los dos métodos de estimación utilizados.

El Cuadro 4 contiene los resultados de la ecuación (8), donde, además de incluir el área y θ de tiempo, también se incorporan variables asociadas con las características de las viviendas, tales como el número de baños, número de garajes y el piso en que está ubicado el inmueble, entre otras¹⁸. Como se puede observar, el efecto del área y de las *dummies* de tiempo sobre el precio se reduce en el modelo cuando se controla por características.

Como es usual en esta literatura, es probable que exista multicolinealidad entre los regresores de los modelos planteados¹⁹, lo que generalmente ocasiona errores estándar sobredimensionados y, por ende, estadísticos t pequeños. No obstante, se encontró que para todas las regresiones, el error estándar toma valores bajos y estadísticos t suficientemente grandes para obtener coeficientes significativos. Esto también permite obtener intervalos de confianza de las *dummies* de tiempo que son disyuntos, lo que significa que los crecimientos en el precio de los inmuebles son significativamente diferentes entre sí.

Dada la forma funcional de las especificaciones econométricas, las variaciones del precio de la vivienda con respecto al año base se aproximan a partir de la siguiente transformación de los coeficientes asociados con las *dummies* de tiempo:

$$\frac{E(P_t) - E(P_0)}{E(P_0)} \approx e^{(\delta_t)} - 1 \quad (13)$$

donde P_t y P_0 es el precio de la vivienda en el período t y en el año base, respectivamente. Esta aproximación es exacta cuando se supone que los precios de la vivienda P_t siguen una distribución *log-normal* con varianza constante en el tiempo, como lo muestra la siguiente ecuación:

17 Los resultados de las estimaciones se encuentran al final de este documento.

18 El resto de variables hacen referencia a ciertos atributos que pueden estar o no disponibles: depósito, canchas o gimnasio, estufa a gas, ascensor, planta eléctrica, chimenea, cocina integral, contenedor de basuras, tanque de agua, horno a gas, tina, cuarto y baño de servicio, estudio, extractor, instalación de secadora y calentador a gas.

19 Se analizó la matriz de varianzas y covarianzas de los β y se realizaron las pruebas de *variance inflation factor* (VIF), junto con la prueba de índice de condición, que se calcula con los valores propios de la matriz de varianzas y covarianzas de los regresores. En las dos pruebas se obtuvo cierto grado de multicolinealidad.

$$\frac{E(P_t) - E(P_0)}{E(P_0)} = \frac{E(P_t)}{E(P_0)} - 1 \quad (14)$$

$$\frac{E(P_t) - E(P_0)}{E(P_0)} = \frac{e^{\mu_t + \frac{\sigma^2}{2}}}{e^{\mu_0 + \frac{\sigma^2}{2}}} - 1 \quad (15)$$

$$\frac{E(P_t) - E(P_0)}{E(P_0)} = e^{(\delta_t)} - 1 \quad (16)$$

Asumiendo *log*-normalidad se obtiene que $E[P_t] = e^{\mu_t + \frac{\sigma^2}{2}}$, donde μ_t es la media del logaritmo de P_t y σ^2 es su varianza, la cual se supone constante en el tiempo. Finalmente, si se expresa la media del logaritmo del precio de acuerdo con la especificación economé-

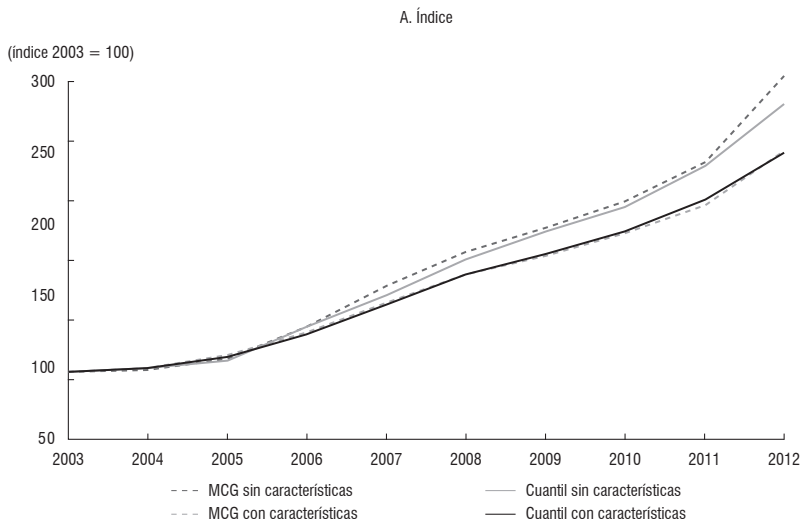
trica, se encuentra que el término $\frac{e^{\mu_t + \frac{\sigma^2}{2}}}{e^{\mu_0 + \frac{\sigma^2}{2}}} = e^{\mu_t - \mu_0}$ es igual a e^{δ_t} .

Al construir los índices de esta manera, se encuentra efectivamente que aquellos que incorporan cambios en características muestran menores crecimientos, lo que puede indicar que las variaciones en los precios calculados en la ecuación (7) se encuentran sobreestimados, al no aislar el efecto de los cambios en la calidad de los inmuebles. Cabe destacar que, a pesar de las diferencias en los niveles de los índices, estos muestran un ciclo similar, evidenciando robustez en las estimaciones (Gráfico 5).

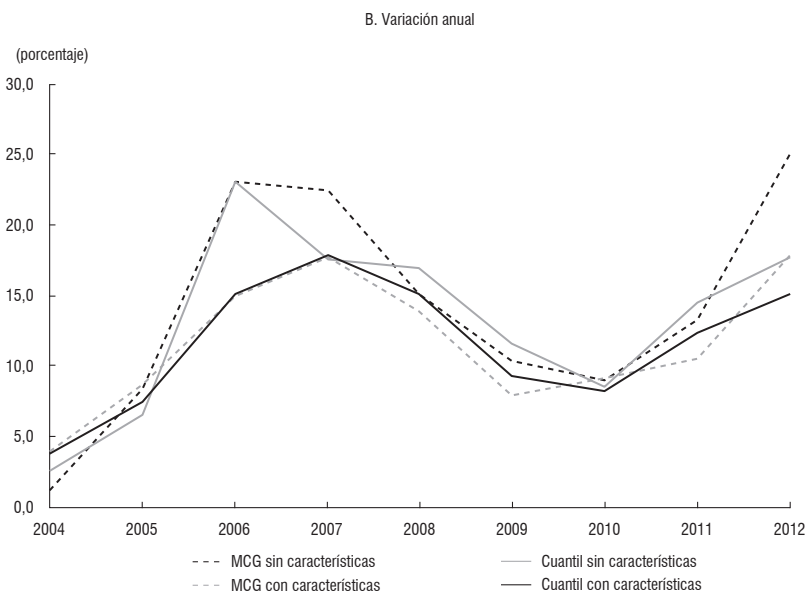
En un segundo ejercicio se estimaron las regresiones controlando por efectos fijos y, además, se incluyeron algunas variables observables que varían entre proyectos. Al estimar las regresiones con y sin dichas características observables, los resultados obtenidos son similares, mostrando que las variables capturadas en el efecto fijo recogen la mayor parte del cambio en el precio. De nuevo, se encontró que los coeficientes asociados con las *dummies* de tiempo son positivos y crecientes, indicando un aumento sostenido en los precios en el tiempo. Este comportamiento podría estar relacionado con las restricciones de oferta, al tiempo que existe una demanda dinámica relacionada con el déficit habitacional de la ciudad, especialmente para los estratos bajos.

Al calcular los índices de precios para el ejercicio con efectos fijos aditivos, se encontró que utilizando ambos métodos de estimación (MCG y regresión por cuantiles), los resultados son similares (Gráfico 6). En general, se observa que los indicadores que controlan por efectos fijos aditivos resultan inferiores a los que no tienen en cuenta dichos efectos, lo que indica que existen características comunes a los inmuebles de un proyecto que influyen en su precio y que no eran parte de las variables inicialmente observadas. Al incluir efectos multiplicativos, se encuentra que el índice estimado es muy similar al que se obtuvo con el modelo que solo incorpora efectos aditivos.

Gráfico 5 Índices de precios de la vivienda nueva sin efectos fijos

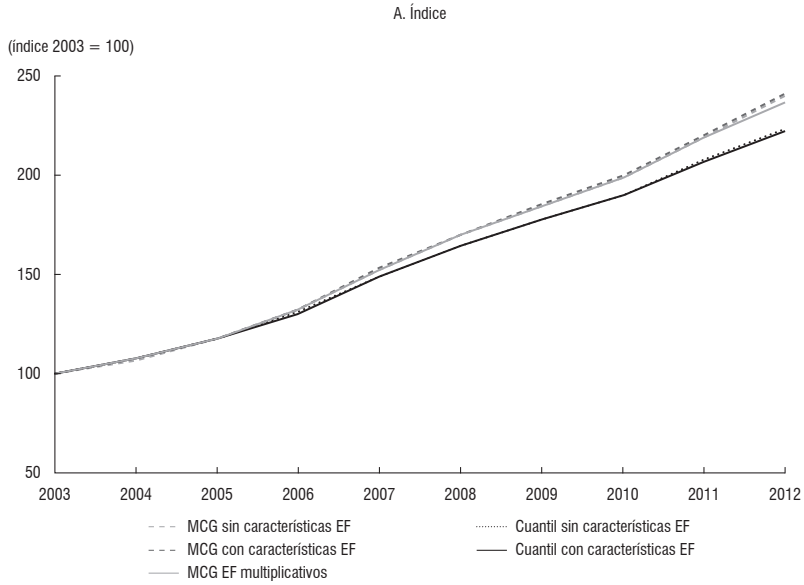


Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

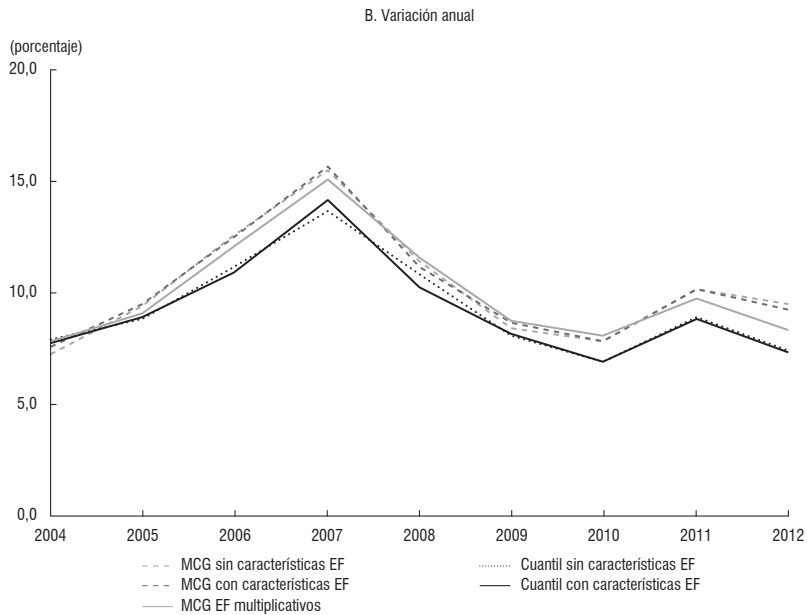


Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

Gráfico 6
Índices de precios de la vivienda nueva con efectos fijos



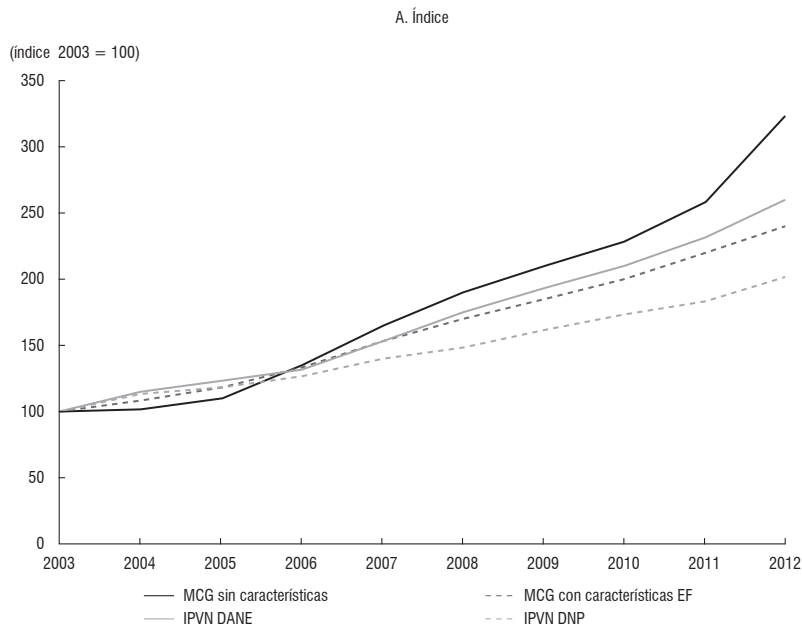
Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.



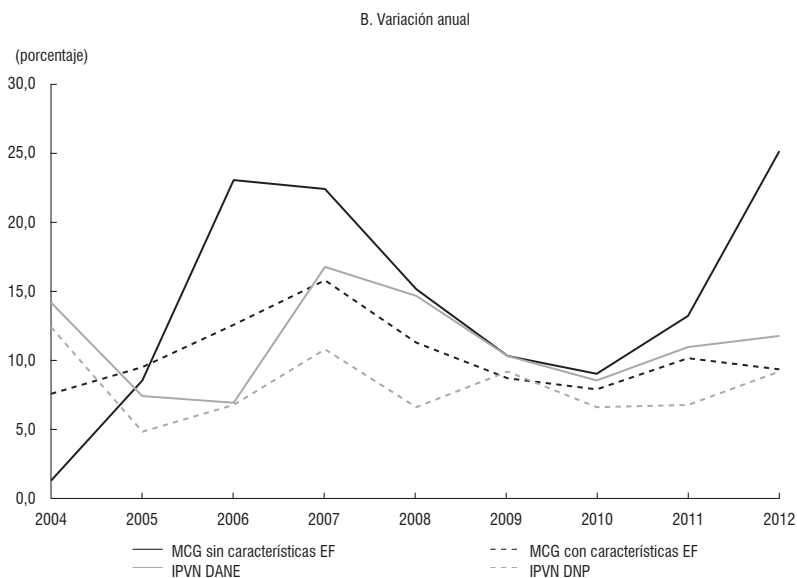
Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

Gráfico 7

Comparación de los índices de precios de la vivienda nueva



Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.



Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

Cuando se analizan los índices construidos por medio de la metodología de precios hedónicos con los índices de precios de vivienda nueva y usada existentes para Bogotá (DNP, DANE y Banco de la República), se resalta que todos los indicadores presentan una tendencia similar, aunque se encuentran diferencias entre los niveles, siendo el más alto aquel que no controla por efectos fijos ni características, y el más bajo el que calcula el DNP (Gráfico 7). En general, los indicadores exhiben tasas altas de crecimiento para el año 2007, una desaceleración entre 2008 y 2010, seguida por una mayor dinámica para 2011 y 2012. En particular, durante 2012 el índice obtenido, controlando por características y efectos fijos, presentó un crecimiento de 9,3%, cifra inferior a la registrada por los otros índices (11,8% de acuerdo con el índice del DANE, y 15,3% según el IPVU), con excepción del construido por el DNP (9,2%). Es importante mencionar que los indicadores difieren en la base de datos utilizada y en su metodología, y que el único que controla por cambios en la calidad es el calculado en este trabajo.

Al comparar los índices estimados (MCG sin características y MCG con efectos fijos y características), se puede observar que el primero ha sido superior al segundo en los últimos años. En particular, durante 2012 el índice que no controla por características tuvo un aumento importante, mientras que el que sí lo hace mostró una leve desaceleración; esto podría implicar que en este período hubo un incremento en la calidad de los inmuebles que llevó a un aumento del primer índice.

Adicional a los anteriores ejercicios, se construyeron índices de precios para los estratos 2 a 6, utilizando la especificación que solo incluye *dummies* de tiempo, así como la que controla por efectos fijos aditivos. Las estimaciones se hicieron empleando MCG y regresiones por cuantiles en la mediana (Gráfico 8).

Para los estratos 2 a 5 los índices de precios obtenidos de las estimaciones incluyendo efectos fijos son inferiores a los que no controlan por características, mostrando que los cambios en calidad de estos inmuebles han tenido efectos positivos en los precios de venta. Adicionalmente, los índices resultantes de las estimaciones para cada especificación, realizados utilizando MCG y regresión por cuantiles, son similares.

Finalmente, para el estrato 6 se encontró que, con los diferentes métodos de estimación (MCG y regresión por cuantiles), los índices obtenidos difieren entre sí, evidenciando que podría existir heterogeneidad en este segmento²⁰. Asimismo, en este estrato se encuentra que, mediante estimaciones por MCG, el índice que controla por calidad es superior al que no lo hace, mientras que utilizando regresión por cuantiles en la media, ocurre lo contrario. Lo anterior podría explicarse por la heterogeneidad presente en este segmento y, además, porque posiblemente existen características que no están recogidas en los efectos fijos, con lo cual se explique la variación en precios²¹.

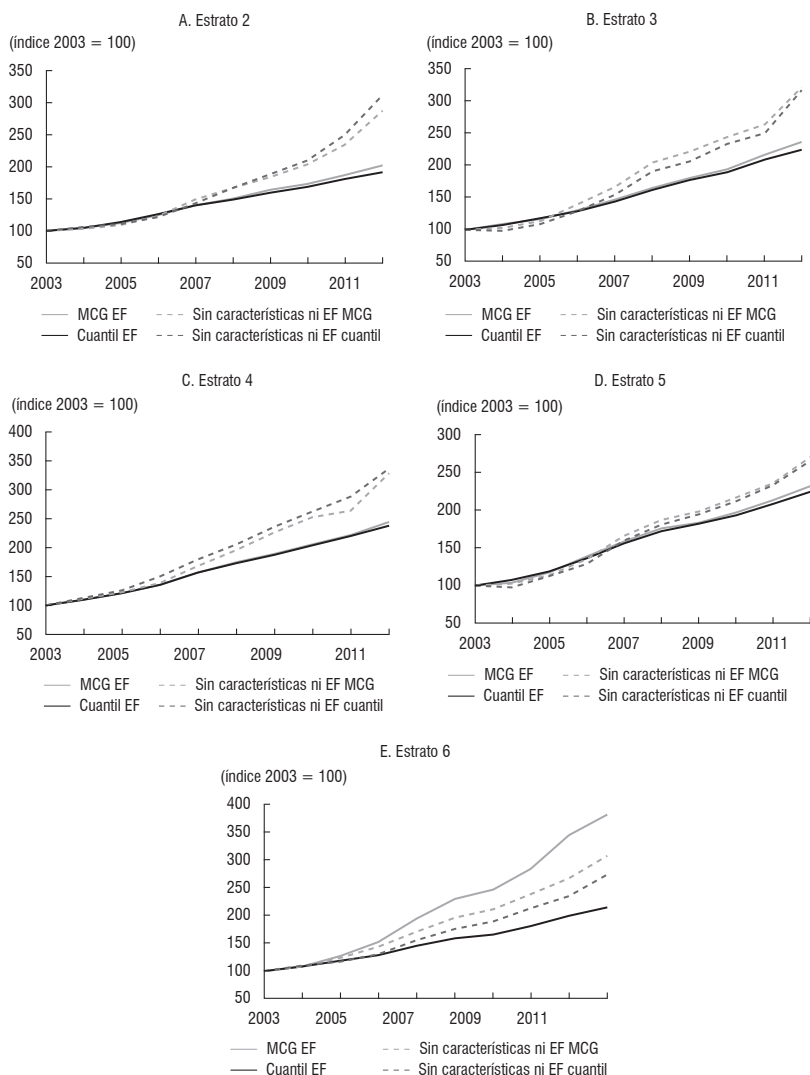
Para modelar más a fondo el comportamiento del estrato 6, sería necesario incluir características diferentes a las que contiene nuestra base, buscando lograr una mejor

20 Mientras que la regresión MCG busca aproximar el comportamiento medio, la regresión por cuantiles modela los datos medianos.

21 Por ejemplo, se podrían encontrar grandes diferencias en la calidad de los materiales de las características de los inmuebles, así como la preferencia por ciertos atributos de lujo que posiblemente no están siendo consideradas dentro del modelo.

especificación, así como emplear otros métodos de estimación no paramétricos que se ajusten mejor al comportamiento de los datos.

Gráfico 8
Índices de precios de la vivienda nueva por estratos



Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo se utilizó la metodología de precios hedónicos para estimar la variación de los precios de la vivienda nueva para Bogotá entre 2003 y 2012, descontando el efecto del cambio en la calidad de los inmuebles. Para las estimaciones se empleó información de características observables y también se realizaron especificaciones incluyendo efectos fijos por proyecto inmobiliario.

Al comparar los índices calculados con los ya existentes para Colombia, se encontró que estos tienen tendencias y ciclos similares, aunque aquellos construidos controlando por características son inferiores. Lo anterior muestra que efectivamente hay cambios en la calidad de los inmuebles que deben ser considerados para hacer un análisis más preciso de la evolución de los precios de la vivienda. Estos resultados se mantienen cuando se hace un análisis detallado por estrato socioeconómico, a excepción del estrato 6, donde ocurre lo contrario, evidenciando la heterogeneidad de este segmento.

Por otro lado, el análisis de los datos evidencia algunos cambios importantes en las características de los inmuebles durante el período analizado. En primer lugar, se aprecia una sustitución de casas por apartamentos, que podría estar explicada por las restricciones de tierra en Bogotá, lo que ha llevado a los constructores a desarrollar principalmente proyectos de vivienda vertical. Esto se ha visto acompañado de una reducción en el área promedio de los inmuebles, la cual difiere significativamente entre estratos. Con respecto a las características de las viviendas, se observa que el número de garajes, y la disponibilidad de ciertos atributos, como depósito, chimenea, ascensor, planta eléctrica y salón comunal, han aumentado en el tiempo.

Finalmente, es importante mencionar que este trabajo es una primera aproximación para el cálculo de índices de precios de la vivienda nueva, utilizando la metodología de precios hedónicos en Colombia, por lo que hay que seguir avanzando en el mejoramiento de las metodologías; por ejemplo, mediante la implementación del método de imputación o incorporando elementos de econometría espacial. Además, se pueden incluir ejercicios para otras ciudades del país con el fin de obtener una visión nacional del comportamiento del sector.

REFERENCIAS

- Antweiler, W. (2001). "Nested Random Effects Estimation in Unbalanced Panel Data", *Journal of Econometrics*, vol. 101, issue 2, pp. 295-313.
- Arbeláez, M.; Steiner, R.; Becerra, A.; Wills, D. (2011). "Housing Tenure and Housing Demand in Colombia", working paper, núm. 259, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Australian Bureau of Statistics (ABS) (2005). "Renovating the Established House Price Index", Information Paper, núm. 6417.0.
- Bailey, M.; Muth, R.; Nourse, H. (1969). "A Regression Method for Real Estate Price Index Construction", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 58, núm. 304, pp. 933-942.

- Baltagi, B. H.; Bresson, G.; Etienne, J.M, (2013). "Hedonic Housing Prices in Paris: An Unbalanced Spatial Lag Pseudo-Panel Model with Nested Random Effects", working paper series, núm. 163, Center for Policy Research.
- Baltagi, B. H.; Bresson, G. (2010). "Maximun Likelihood Estimation and Lagrange Multiplier Tests for Panel Seemingly Unrelated Regressions with Spatial Lag and Spatial Errors: An application to hedonic housing prices in Paris", discussion paper series, núm. 5227, Institute for the Study of Labor.
- Bourassa, S. C.; Hoesli, M.; Sun, J. (2006). "A Simple Alternative House Price Index Method", *Journal of Housing Economics*, núm. 15, 80-97.
- Bover, O.; Velilla, P. (2002), Hedonic House Prices without Characteristics: The Case of New Multiunit Housing, working paper, núm. 117, European Central Bank.
- Cameron, A.; Trivedi, P. (2005), *Microeconometrics: Methods and Applications*, Cambridge University Press.
- Cameron, A.; Trivedi, P. (2010). *Microeconometrics Using Stata*, College Station, Texas: Stata Press.
- Carriazo, F.; Ready, R.; Shortle, J. (2011). "Using Frontier Models to Mitigate Omitted Variable Bias in Hedonic Pricing Models: a Case Study for Air Quality in Bogotá, Colombia", Documentos CEDE, núm. 111, Universidad de los Andes.
- Case, B.; Quigley, J. M. (1987). "The Dynamics of Real Estate Prices", *Review of Economics and Statistics*, núm. 22, pp. 50-58.
- Case, K.; Shiller, R. (1987). "Prices of Single-family Homes since 1970: New Indexes for Four Cities", *New England Economic Review*, pp. 45-56.
- Chinloy, P.; Cho, M.; Megbolugbe, I. F. (1997). "Appraisals, Transactions Incentives and Smoothing", *Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol. 14, núm. 1, pp. 45-55.
- Court, A. (1939). "Hedonic Price Indexes with Automotive Examples", *The Dynamics of Automobile Demand*, General Motors, New York, pp. 98.
- Crone, T. M.; Voith, R. P. (1992). "Estimating House Price Appreciation: A Comparison of Methods", *Journal of Housing Economics*, vol. 2, n.º 4, pp. 324-338.
- Diewert, E.; Heravi, S.; Silver, M. (2007). "Hedonic Imputation versus Time Dummy Hedonic Indexes", working paper, núm. 234, International Monetary Fund.
- Escobar, J.; Huertas, C.; Mora, D.; Romero, J. (2005). "Índice de precios de la vivienda usada en Colombia", Borrador de Economía, núm. 368, Banco de la República.
- Eurostat (2013). *Handbook on Residential Property Price Indices (RPPI)*, Methodologies and Working Papers, OECD, Luxemburgo.
- Gao, A.; Wang, G. (2007). "Multiple Transactions Model: A Panel Data Approach to Estimate Housing Market Indices", *Journal of Real Estate Research*, vol. 29, issue 3, pp. 241-266.
- Gatzlaff, D. H.; Ling, D. C. (1994). "Measuring Changes in local House Prices: An Empirical Investigation of Alternative Methodologies", *Journal of Urban Economics*, núm. 35, pp. 221-244.
- Goodhart, C.; Hofmann, B. (2007). *Financial Conditions Indices, in 'House Prices and the Macroeconomy: Implications for Banking and Price Stability*, Oxford: Oxford University Press.

- Griliches, Z. (1961). *Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change*, Technical report, The Price Statistics of the Federal Government.
- Gujarati, D. (2004). *Econometría*, New York: Mc Graw Hill.
- Hansen, J. (2006). Australian House Prices: A Comparison of Hedonic and Repeat-Sales Measures, Research Discussion Paper, núm. 03, Reserve Bank of Australia.
- Hill, R. (2004). Constructing Price Indexes across Countries and Time: The Case of the European Union, *American Economic Review*, núm. 94, pp. 1379-1410.
- Hill, R. (2011), "Hedonic Price Indexes for Housing", Statistics Working Papers, núm. 36, OECD.
- Hofmann, B. (2001), "The Determinants of Private Sector Credit in Industrialized Countries: Do Property Prices Matter?", working papers, núm. 108, BIS.
- Idrovo, B.; Lennon, J. (2011), "Índice de precios de viviendas nuevas para el Gran Santiago", working paper, núm. 65, Cámara Chilena de la Construcción.
- Judge, G.; Griffiths, W. E.; Carter Hill, R.; Lütkepohl, H.; Lee, T. C. (1985). *The Theory and Practice of Econometrics* (segunda edición), New Jersey: Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics.
- Jansen, S.; De Vries, P.; Coolen, H.; Lamain C.; Boelhouwer, P. (2006). "Developing a House Price Index for the Netherlands: A Practical Application of Weighted Repeat Sales", presentado en el ENHR Housing Economics Workshop, 16-17 febrero, Copenhagen.
- Knight, J. R.; Dombrow, J.; Sirmans, C. F. (1995). "A Varying Parameters Approach to Constructing House Price Indexes", *Real Estate Economics*, vol. 23, núm. 2, pp. 187-205.
- Morales, L.; Arias, F. (2005). "La calidad de la vivienda en Bogotá: enfoque de precios hedónicos de hogares y de agregados espaciales", *Sociedad y Economía*, núm. 9, pp. 47-80.
- Quigley, J. (1995). "A simple Hybrid Model for Estimating Real Estate Price Indexes", *Journal of Housing Economics*, vol. 4, pp. 1-12.
- Rauch, J. (1992). "Productive Gains from Geographic Concentration of Human Capital: Evidence from the Cities", *Journal of Urban Economics*, vol. 34, issue 3, pp. 380-400.
- Revollo, D. (2009). "Calidad de la vivienda a partir de la metodología de precios hedónicos para la ciudad de Bogotá-Colombia", *Revista Digital Universitaria*, vol. 10, núm. 7, pp. 2-16.
- Rosen, S. (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, vol. 82, núm. 1, pp. 34-55.
- Rossini, P.; Kershaw, P. (2006). "Developing a Weekly Residential Price Index Using the Sale Price Appraisal Ratio", presentado en la Twelfth Annual Pacific Rim Real Estate Society Conference, Auckland, 22-25 de enero.
- Santana, L.; Núñez, L. (2011). "Una aproximación hedónica al efecto de las preferencias por segregación en el precio del suelo urbano en Bogotá", *Equidad y Desarrollo*, núm. 16, pp. 139-162.
- Syz, J. (2008). *Property Derivatives: Pricing, Hedging and Applications*, New Jersey: John Wiley and Sons Inc.

- Triplett, J. E. (2004). "Handbook on Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products", STI working paper, núm. 2004/9, OECD, Science Technology and Industry.
- Wallace, N. (1996). "Hedonic-based Price Indexes for Housing: Theory, Estimation, and Index Construction", *Economic Review*, núm. 3, pp. 34-48.
- Wang, Y.; Ran, R.; Deng, G. (2012). "Neighborhood Quality and Housing Value: Evidence from Urban Micro Data", *Journal of Management and Sustainability*, vol. 2, núm. 1.

ANEXO 1**DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES INCLUIDAS EN LOS MODELOS****Cuadro A1.1****Descripción de las características de las viviendas incluidas en las especificaciones econométricas**

Variable	Descripción
Área	Número de metros cuadrados del inmueble
Estrato socioeconómico	Estrato socioeconómico en el que se ubica el inmueble (2, 3, 4, 5, 6)
Barrio	Barrio en el que se ubica el inmueble
Número de habitaciones	Número de habitaciones que tiene el inmueble
Número de baños	Número de baños que tiene el inmueble
Número de garajes	Número de garajes que tiene el inmueble
Piso	Número del piso en el que está ubicado el inmueble
Depósito	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene depósito, 0 en caso contrario
Cuarto o baño de servicio	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene cuarto o baño de servicio, 0 en caso contrario
Estudio	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene estudio, 0 en caso contrario
Estufa a gas	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene estufa a gas, 0 en caso contrario
Horno a gas	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene horno a gas, 0 en caso contrario
Cocina integral	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene cocina integral, 0 en caso contrario
Extractor	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene extractor, 0 en caso contrario
Instalación de secadora	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene instalación para secadora, 0 en caso contrario
Calentador a gas	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene calentador a gas, 0 en caso contrario
Chimenea	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene chimenea, 0 en caso contrario
Tina	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble tiene tina, 0 en caso contrario
Parque infantil	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble cuenta con acceso a parque infantil, 0 en caso contrario
Cancha o gimnasio	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble cuenta con acceso a cancha o gimnasio, 0 en caso contrario
Planta eléctrica	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble cuenta con planta eléctrica, 0 en caso contrario
Contenedor de basuras	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble cuenta con acceso a contenedor de basuras, 0 en caso contrario
Sauna	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble cuenta con acceso a sauna, 0 en caso contrario
Ascensor	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble cuenta con acceso a ascensor, 0 en caso contrario
Tanque de agua	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el inmueble cuenta con acceso a tanque de agua, 0 en caso contrario

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A1.2
Modelo sin efectos fijos no ajustado por calidad

	MCG	Cuantiles
	lnp	
constante	9,938*** (1289,5)	9,448*** (1.193,14)
lna	1,821*** (1.020,38)	1,936*** (1.169,32)
t2	0,115*** (41,06)	0,143*** (32,2)
t3	0,127*** (42,57)	0,169*** (32,47)
t4	0,208*** (74,54)	0,232*** (49,76)
t5	0,415*** (162,83)	0,439*** (111,48)
t6	0,617*** (239,08)	0,601*** (129,99)
t7	0,758*** (263,13)	0,758*** (193,18)
t8	0,856*** (311,23)	0,868*** (219,96)
t9	0,942*** (335,71)	0,950*** (265,02)
t10	1,066*** (363,4)	1,085*** (311,31)
t11	1,290*** (430,43)	1,248*** (255,23)
t12	1,382*** (278,51)	1,336*** (176,34)
N	432.932	432.932
R-sq	0,803	
adj. R-sq	0,803	
ps. R-sq		0,5948
Estadísticos t en paréntesis		
*p < 0,05	**p < 0,01	***p < 0,001

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A1.3
Modelos sin efectos fijos ajustado por calidad

	MCG Cuantiles			MCG Cuantiles			MCG Cuantiles		
	lnp			lnp			lnp		
constante	13,71*** (1843,2)	13,69***	est 3	0,256*** (264,41)	0,241*** (179,03)	contenedor	0,0405*** (37,5)	0,076*** (35,45)	
t2	0,00290*** (18,47)	0,0334***	est 4	0,435*** (285,57)	0,397*** (230,23)	tanque agua	0,04919*** (43,24)	0,0547*** (46,37)	
t3	0,0682*** (40,91)	0,0711***	est 5	0,590*** (265,22)	0,541*** (228,94)	horno gas	0,0231*** (22,41)	0,0101*** (9,22)	
t4	0,152*** (105,43)	0,143***	est 6	0,872*** (281,44)	0,836*** (276,01)	tina	0,0452*** (23,68)	0,0466*** (21,48)	
t5	0,291*** (222,09)	0,283***	núm. baños	0,0918*** (94,41)	0,0947*** (98,81)	cb. de serv.	0,0334*** (15,73)	0,0155*** (7,23)	
t6	0,454*** (339,42)	0,447***	estufa gas	0,108*** (65,36)	0,0726*** (51,29)	estudio	0,00351*** (4,1)	0,0190*** (15,41)	
t7	0,584*** (386,91)	0,587***	depósito	0,582*** (61,36)	0,0666*** (59,76)	núm. garajes	0,0317*** (67,55)	0,025*** (40,89)	
t8	0,660*** (440,3)	0,676***	canchas / gimn.	0,0259*** (28,66)	0,0100*** (9,82)	piso	0,00432*** (41,47)	0,00385*** (31,5)	
t9	0,747*** (484,14)	0,755***	ascensor	0,166*** (151,33)	0,0135*** (80,81)	extractor	0,118*** (77,8)	0,143*** (97,51)	
t10	0,847*** (482,01)	0,871***	planta elect.	0,0461*** (46,9)	0,0659*** (47,28)	inst. sec.	0,0442*** (34,27)	0,0710*** (54,46)	
t11	1,011*** (614,16)	1,012***	chimenea	0,0278*** (21,73)	0,00973*** (9,14)	calentador gas	0,0268*** (23,1)	0,0410*** (28,02)	
t12	1,083*** (431,46)	1,065***	cocina int.	0,0206*** (29,99)	0,0335*** (37,17)	lna	0,763*** (383,24)	0,772*** (336,42)	
N	432.932	432.932							
R-sq	0,952								
adj. R-sq	0,952								
ps. R-sq		0,8097							

Estadísticos t en paréntesis

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A1.4

Modelo con efectos fijos aditivos sin ajustar por características específicas de los proyectos

	MCG	Cuantiles
	lnp	
lna	0,839*** (399,53)	0,906*** (50,57)
t2	0,0756*** (67,21)	0,0867*** (64,32)
t3	0,146*** (100,03)	0,163*** (15,27)
t4	0,236*** (134,23)	0,248*** (43,89)
t5	0,355*** (172,53)	0,354*** (15,72)
t6	0,499*** (184,44)	0,482*** (18,13)
t7	0,607*** (191,5)	0,585*** (22,05)
t8	0,688*** (195,35)	0,663*** (27,52)
t9	0,764*** (192,64)	0,730*** (22,52)
t10	0,861*** (182,32)	0,816*** (35,65)
t11	0,952*** (190,57)	0,888*** (31,89)
t12	0,996*** (195,24)	0,922*** (23,62)
N	327.103	327.103
R-sq	0,748	
adj. R-sq	0,748	
Estadísticos t en paréntesis		
* $p < 0,05$	** $p < 0,01$	*** $p < 0,001$

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A1.5

Modelo con efectos fijos aditivos

	MCG	Cuantiles		MCG	Cuantiles
	lnp			lnp	
ln_a	0,751 *** (301,37)	0,836 *** (508,84)	núm. baños	0,0450 *** (39,93)	0,0374 *** (43,95)
t2	0,075 *** (68,1)	0,0902 *** (94,18)	cb. de serv.	0,0290 *** (12,7)	0,0205 *** (13,00)
t3	0,148 *** (103,22)	0,165 *** (165,7)	estudio	0,0396 *** (43,41)	0,0277 *** (36,86)
t4	0,239 *** (138,52)	0,251 *** (264,37)	piso	(0,000321 (-1,86)	0,00018 (1,51)
t5	0,357 *** (175,26)	0,355 *** (301,53)	depósito	0,0203 *** (11,88)	0,0107 *** (9,33)
t6	0,503 *** (187,52)	0,488 *** (406,54)			
t7	0,609 *** (193,77)	0,586 *** (376,25)			
t8	0,692 *** (197,9)	0,665 *** (411,8)			
t9	0,768 *** (194,91)	0,732 *** (424,3)			
t10	0,865 *** (183,87)	0,817 *** (429,66)			
t11	0,954 *** (191,46)	0,888 *** (427,33)			
t12	0,999 *** (196,32)	0,923 *** (370,96)			
N	327.103	327.103			
R-sq	0,755				
adj. R-sq	0,755				

Estadísticos t en paréntesis

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A1.6
Modelos fijos aditivos y multiplicativos

	MCG
	lnp
t2	0,0840 *** (80,39)
t3	0,160 *** (120,88)
t4	0,247 *** (149,49)
t5	0,361 *** (172,00)
t6	0,502 *** (180,61)
t7	0,611 *** (186,61)
t8	0,6960 *** (189,77)
t9	0,773 *** (186,23)
t10	0,867 *** (174,79)
t11	0,947 *** (181,80)
t12	0,992 *** (187,11)
N	327.111
R-sq	0,484
adj. R-sq	0,484
Estadísticos t en paréntesis	
*p < 0,05	**p < 0,01
***p < 0,001	

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 2

APÉNDICE ECONOMETRICO²²

1. MODELOS PANEL: EFECTOS FIJOS Y ALEATORIOS

En este anexo se detallarán las especificaciones econométricas empleadas en este documento. Se discutirá por qué fueron escogidas, y se presentarán los resultados de otras estimaciones que no fueron incluidas en el cuerpo del documento.

La base de datos con la que se cuenta para este proyecto es, en esencia, una serie de cortes transversales para cada momento del tiempo. En la base de datos podemos observar cada uno de los inmuebles nuevos vendidos en el período en el que fueron transados. En este sentido, la base de datos no es estrictamente un panel, pues cada inmueble se observa una única vez. A pesar de esto, se conoce cuáles son los inmuebles que pertenecen a cada proyecto inmobiliario y se sabe que, de alguna forma, estos representan “individuos” similares. Las estimaciones buscan explotar esta característica de la base: así se puede seguir individuos similares a lo largo del tiempo y en este sentido podemos capturar variaciones temporales y entre individuos.

Dentro del universo de los modelos de datos panel, el modelo más general puede escribirse de la siguiente manera:

$$y_{it} = \alpha_{it} + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} x_{kit} + \epsilon_{it}, \quad (A1)$$

donde el subíndice i identifica a los individuos y el subíndice t recorre el tiempo. En la forma más general, expresada en la ecuación (A1), el intercepto α_{it} varía en el tiempo y entre individuos al igual que lo hacen las pendientes asociadas con cada una de las variables explicativas (β_{kit}). Sin embargo, en la mayoría de los casos se supondrá que estos parámetros no varían en todas las dimensiones, en particular, los modelos pueden clasificarse de acuerdo con los supuestos; en cuanto a estas variaciones, y la forma como sean estimadas, también estará determinada por esto.

Siguiendo a Judge *et al.* (1985), los modelos pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. Todos los coeficientes, de intercepto y pendiente, son constantes en el tiempo y entre individuos.
2. Los coeficientes de pendiente son constantes y los interceptos varían entre individuos.
3. Los coeficientes de pendiente son constantes y los interceptos varían entre individuos y en el tiempo.
4. Todos los coeficientes varían entre individuos.
5. Todos los coeficientes varían entre individuos y en el tiempo.

22 La estructura de este apéndice y algunas de las ecuaciones fueron tomadas de Judge *et al.* (1985, cap. 13).

En este escenario las especificaciones utilizadas en este artículo pueden ubicarse en los casos 1, 2 y 4. En las primeras regresiones, descritas por las ecuaciones (7) y (8), el intercepto es constante entre individuos y en el tiempo, y las pendientes, asociadas con cambios en área y otras características observables, también lo son.

Por su parte, en la especificación descrita por la ecuación (9) se estima una regresión que incluye, además, efectos fijos por proyecto inmobiliario. En este caso, los interceptos varían entre proyectos, mientras que las pendientes asociadas con características observables son constantes entre individuos y en el tiempo. Estamos, entonces, ubicados en el caso 2.

Finalmente, en la especificación que se describe en la ecuación (11) contamos con interceptos que varían entre individuos, al igual que las pendientes asociadas con cambios en el área. En este sentido, estamos en el caso 4.

Para estimar la regresión asociada con el caso 2, especificación (9), es necesario determinar si se está en un caso de efectos fijos o aleatorios. Para esto se realizó la prueba de Hausman para las especificaciones sin características observables ni efectos fijos de proyecto. Se corroboró que los efectos individuales en este caso son efectos fijos. En el Cuadro A2.1 se muestran estos resultados: el valor de p confirma que se rechaza la hipótesis nula de que las estimaciones por efectos aleatorios muestran estimadores consistentes.

Cuadro A2.1

Prueba de Hausman de efectos fijos y aleatorios

b = consistente bajo H_0 y H_a ,

B = inconsistente bajo H_a , eficiente bajo H_0

Prueba: H_0 : la diferencia en los coeficientes no es sistemática

$$\chi^2(12) = (b - B)' \left[(V_b - V_B)^{-1} \right] (b - B)$$

2452,3

Prob > $\chi^2 = 0,0000$

Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

Consistente con el resultado anterior, y siguiendo a Judge *et al.* (1985), el modelo descrito en la ecuación (9) fue estimado como uno de variable *dummy*. Para estimar los parámetros asociados con este modelo se utilizó el estimador *within*.

Finalmente, en el caso de la especificación (11) encontramos efectos fijos aditivos y multiplicativos, es decir, podemos situarnos en el caso 4. Siguiendo a Bover y Velilla (2002), estas ecuaciones se estiman mediante MCO, empleando la transformación que se discute en el documento. Realizar estas estimaciones mediante MCO asegura que los β estimados son consistentes (Cameron y Trivedi, 2010).

2. PRUEBA BOX-COX

Como se mencionó en la metodología, siguiendo un enfoque estándar, las estimaciones se realizaron tomando como variable dependiente el logaritmo natural del precio de cada inmueble.

En el Cuadro A2.2 se muestran los resultados de la prueba de Box-Cox realizada a este conjunto de datos para la especificación (7). Como puede verse en el cuadro, se rechaza la hipótesis nula de que el modelo tenga una forma logarítmica ($H_0: \theta = 0$) al igual que se rechaza que el modelo sea lineal ($H_0: \theta = 1$), esto comprueba que el mejor ajuste se da con un modelo intermedio. Dada la dificultad para interpretar los resultados en un modelo de este tipo, se tomó el modelo *log*-lineal como la mejor aproximación, puesto que el valor de $\hat{\theta}$ que maximiza la verosimilitud (-0,098), e inclusive los límites de su intervalo de confianza, son más cercanos a cero.

Cuadro A2.2
Prueba de Box-Cox

Número de observaciones	327.103				
LR $\chi^2(12)$	416.531				
Prob. $> \chi^2$					
Log verosimilitud	296.851				
Precio	Coefficiente	Error estándar	z	$P > z$	[95% intervalo de confianza]
θ	-0,0976954	0,0024482	-39,91	0	-0,1953907
Test H_0 :	Log verosimilitud restringido	LR estadístico χ^2	P -value prob. $> \chi^2$		
$\theta = -1$	254.064,22	85.573,02	0,000		
$\theta = 0$	295.998,48	1.704,49	0,000		
$\theta = 1$	83.860,09	4,30E+05	0,000		

Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

Finalmente, en el Cuadro A2.3 se presentan los resultados de esta prueba para la especificación (8). De nuevo, a pesar del que el test sugiere un modelo intermedio, utilizaremos la especificación logarítmica, dado que el sugiere una especificación más cercana a la *log*-lineal.

Cuadro A2.3
Prueba de Box-Cox

Número de observaciones		327.103			
LR chi2(12)		433.474			
Prob. > chi2					
Log verosimilitud		296.851			
Precio	Coficiente	Error estándar	z	P > z	[95% intervalo de confianza]
θ	-0,1300228	0,0024817	-52,39	0	-0,2600457
Test H_0 :	Log verosimilitud restringido	LR estadístico χ^2	P-value prob. > χ^2		
$\theta = -1$	265.317,12	80.010,18	0		
$\theta = 0$	303.824,05	2.996,31	0		
$\theta = 1$	84.892,48	4,40E+05	0		

Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

3. OTRAS ESPECIFICACIONES

Finalmente, en las especificaciones descritas en nuestro modelo se asume que el coeficiente que acompaña a cada una de las características observables es constante en el tiempo y entre individuos; es decir, el valor ϕ_k que hemos llamado el precio hedónico de la i -ésima característica no cambia en el tiempo y tampoco entre diferentes tipos de inmuebles, a pesar de que es razonable esperar que este precio varíe.

A continuación se analizan estos casos alternativos. La razón por la que no fueron incluidos en el cuerpo del texto es que el índice de precios resultante en estos casos no varía sustancialmente del que se calculó sin tener en cuenta estas variaciones.

Para tener en cuenta la fluctuación en el tiempo en los precios hedónicos asociados con las características, se incluyó un término de interacción entre cada una de los atributos y las *dummies* de tiempo de la siguiente forma:

$$p_{it} = \alpha_0 + \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta a_{it} + \sum_k \phi_k c_{kit} + \sum_k \sum_{s=1}^T \gamma_{ks} c_{kis} d_{sit} + e_{it}, (t = 1, \dots, T)$$

Después de estimar esta ecuación hedónica, con y sin efectos fijos de proyecto inmobiliario, se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro A2.4
Modelo con interacción entre características y dummies de tiempo sin efectos fijos

t2	0,0305251*** (17,78)	estufa_gas_8	0,0181542*** (3,46)	coc_integral_11	0,0734066*** (16,58)	estudio_4	0,0275398*** (6,48)	extractor_10	0,1885055*** (27,03)
t3	0,11641*** (19,35)	estufa_gas_9	-0,0642649*** (-12,1)	coc_integral_12	0,0734385*** (8,6)	estudio_5	0,0172577*** (4,85)	extractor_11	0,2526131*** (40,62)
t4	0,1666301*** (29,38)	estufa_gas_10	0,1360846*** (14,23)	shut_basuras	0,0560144*** (43,32)	estudio_6	-0,0226981*** (-6,27)	extractor_12	0,1913088*** (18,51)
t5	0,2614609*** (55,04)	estufa_gas_11	-0,0552597*** (-8,75)	tanque_agua	0,0969381*** (86,1)	estudio_7	-0,0317857*** (-8,38)	inst_secad	0,0750275*** (19,02)
t6	0,4212272*** (89,73)	estufa_gas_12	-0,0497189*** (-4,22)	horno_gas	0,0024376 (0,75)	estudio_8	0,0176912*** (4,5)	inst_secad_3	-0,0462355*** (-5,76)
t7	0,588068*** (108,33)	deposito	0,1060706*** (34,42)	horno_gas_3	-0,0265488*** (-4,25)	estudio_9	-0,0326276*** (-8,01)	inst_secad_4	0,052214*** (7,4)
t8	0,666753*** (122,83)	deposito_3	0,0831984*** (13,05)	horno_gas_4	-0,0062827 (-1,08)	estudio_10	-0,013768*** (-3,01)	inst_secad_5	0,035092*** (6,1)
t9	0,687513*** (132,51)	deposito_4	0,0250494*** (4,65)	horno_gas_5	0,0173995*** (3,93)	estudio_11	-0,0017124 (-0,43)	inst_secad_6	0,0580787*** (10,71)
t10	0,8172708*** (141,49)	deposito_5	0,0054901 (1,19)	horno_gas_6	0,0340133*** (7,52)	estudio_12	-0,0437629*** (-7,09)	inst_secad_7	0,1108029*** (19,47)
t11	0,9991198*** (160,82)	deposito_6	-0,0253761*** (-5,59)	horno_gas_7	0,0324437*** (6,81)	núm_gar	0,0616846*** (41,11)	inst_secad_8	0,0619415*** (11,09)
t12	1,107941*** (93,92)	deposito_7	-0,0002589 (-0,05)	horno_gas_8	0,089398*** (18,02)	núm_gar_3	0,0036435 (1,39)	inst_secad_9	0,0845152*** (-15,64)
logm	0,8280862*** (354,3)	deposito_8	-0,0132353*** (-2,88)	horno_gas_9	0,0281346*** (5,85)	núm_gar_4	-0,0056267*** (-2,65)	inst_secad_10	0,0018875 (-0,32)
núm_bannio	0,1867602*** (62,48)	deposito_9	0,0058366 (1,34)	horno_gas_10	0,0429744*** (7,93)	núm_gar_5	0,0400925*** (21,32)	inst_secad_11	0,0850035*** (-16,14)

Cuadro A2.4 (Continuación)
Modelo con interacción entre características y dummies de tiempo sin efectos fijos

núm_ bannio_3	-0,0951028*** (-18,24)	deposito_10	0,047261*** (10,71)	horno_gas_11	-0,0053752 (-1,09)	núm_gar_6	0,03541*** (17,66)	inst_secad_12	0,1000037*** -11,9
núm_ bannio_4	-0,0856191*** (-17,62)	deposito_11	0,0114626*** (2,41)	horno_gas_12	0,0617903*** (7,72)	núm_gar_7	-0,0380059*** (-16,19)	cal_gas	0,0681667*** -18,71
núm_ bannio_5	-0,0760426*** (-18,52)	deposito_12	-0,0182149*** (-2,24)	tinazas	0,098629*** (42,83)	núm_gar_8	-0,0415429*** (-18,99)	cal_gas_3	-0,0945292*** (-12,34)
núm_ bannio_6	-0,0718116*** (-17,86)	canchas gimnasio	0,0003913 (0,39)	c_b_serv	0,0765913*** (12,06)	núm_gar_9	0,0289066*** (13,75)	cal_gas_4	-0,1055056*** (-14,54)
núm_ bannio_7	-0,0752507*** (-17,89)	ascensor	0,2512452*** (176,52)	c_b_serv_3	0,0086497 (0,77)	núm_gar_10	0,0298084*** (12,7)	cal_gas_5	-0,0578858*** (-10,45)
núm_ bannio_8	-0,0811895*** (-20,19)	planta_elect	0,0737203*** (64,38)	c_b_serv_4	-0,0783152*** (-7,83)	núm_gar_11	-0,0381959*** (-13,82)	cal_gas_6	-0,0610756*** (-11,37)
núm_ bannio_9	-0,0895292*** (-23,06)	chimeneas	0,0574409*** (40,55)	c_b_serv_5	-0,0204555*** (-2,42)	núm_gar_12	-0,0947332*** (-15,07)	cal_gas_7	-0,0763246*** (-13,81)
núm_ bannio_10	-0,1199737*** (-25,33)	coc_integral	-0,0101587*** (-6,65)	c_b_serv_6	-0,0471571*** (-5,35)	piso	0,0015725*** (13,21)	cal_gas_8	-0,1059648*** (-19,03)
núm_ bannio_11	-0,0440236*** (-10,53)	coc_ integral_3	0,0296805*** (8,08)	c_b_serv_7	-0,0321815*** (-3,4)	extractor	0,066344*** (16,81)	cal_gas_9	-0,1228687*** (-22,31)
núm_ bannio_12	0,0098262 (1,29)	coc_ integral_4	0,0871858*** (31,79)	c_b_serv_8	-0,0358381*** (-3,72)	extractor_3	0,0210729*** (2,47)	cal_gas_10	-0,1956994*** (-31,22)

Cuadro A2.4 (Continuación)
Modelo con interacción entre características y dummies de tiempo sin efectos fijos

estufa_gas	0,0891774*** (24,04)	coc_integral_5	0,064944*** (25,11)	c_b_serv_9	-0,0609803*** (-6,56)	extractor_4	0,1391782*** (18,04)	cal_gas_11	-0,1237009*** (-21,08)
estufa_gas_3	0,1543142*** (17,43)	coc_integral_6	0,0737118*** (29,09)	c_b_serv_10	-0,0079678 (-0,71)	extractor_5	0,0901613*** (13,75)	cal_gas_12	-0,1874442*** (-19,68)
estufa_gas_4	0,0539667*** (8,34)	coc_integral_7	0,0631654*** (20,37)	c_b_serv_11	-0,119707*** (-12,65)	extractor_6	0,1495147*** (24,28)	_cons	13,47238*** -1387,22
estufa_gas_5	0,0495814*** (9,82)	coc_integral_8	0,0973213*** (35,94)	c_b_serv_12	-0,0829919*** (-4,69)	extractor_7	0,116555*** (19,05)		
estufa_gas_6	0,0160072*** (3,41)	coc_integral_9	0,1678341*** (51,55)	estudio	0,0024953 (0,92)	extractor_8	0,2003597*** (33,25)		
estufa_gas_7	0,104651*** (19,55)	coc_integral_10	0,1058152*** (25,05)	estudio_3	0,0408369*** (8,43)	extractor_9	0,2520926*** (41,51)		

Número de obs. = 432.932

F(141,432790) = 56.591,77

Prob. > F = 0,0000

R-cuadrado = 0,9370

Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

Cuadro A2.5**Modelo con interacción entre características y dummies de tiempo con efectos fijos**

t2	0,0752773*** -67,85	cód_c_b_serv	0,0285141*** -12,99	piso_3	-0,0017576*** (-1,77)
t3	0,1482388*** -103,07	cód_c_b_serv_3	-0,0779849*** (-5,02)	piso_4	-0,000392 (-0,31)
t4	0,2395627*** -137,76	cód_c_b_serv_4	-0,0267933 (-0,98)	piso_5	-0,0015398 (-1,16)
t5	0,3575403*** -174,06	cód_c_b_serv_5	0,0866848*** -2,42	piso_6	-0,0020302 (-1,43)
t6	0,5025296*** -187,07	cód_c_b_serv_6	0,1140822*** -2,57	piso_7	-0,0028053*** (-1,86)
t7	0,6086981*** -194,85	cód_c_b_serv_7	0,1204614*** -2,39	piso_8	-0,0034473*** (-2,21)
t8	0,6911492*** -200,87	cód_c_b_serv_8	0,1328247*** -2,51	piso_9	-0,0031058*** (-1,89)
t9	0,7669824*** -199,45	cód_c_b_serv_9	0,148166*** -2,51	piso_10	-0,0159153*** (-6,2)
t10	0,8642284*** -188,83	cód_c_b_serv_10	0,1787222*** -2,44	piso_11	0,0016426 -0,45
t11	0,9547719*** -196,35	cód_c_b_serv_11	0,1856158*** -2,26	piso_12	-0,0044867 (-1,2)
t12	0,9995316*** -201,26	cód_c_b_serv_12	0,1819007*** -2,04	cód_depósito	0,0200549*** -11,71
lna	0,7532406*** -303,68	cód_estudio	0,0391468*** -43,22	cód_depósito_3	0,0681495*** -4,5
núm_bannio	0,0452323*** -41,26	cód_estudio_3	-0,009648*** (-1,81)	cód_depósito_4	-0,0178579 (-1,04)
núm_bannio_3	-0,0567664*** (-10,16)	cód_estudio_4	-0,0779621*** (-12,7)	cód_depósito_5	-0,015394 (-1,1)
núm_bannio_4	-0,0586711*** (-8,13)	cód_estudio_5	-0,0543962*** (-7,85)	cód_depósito_6	0,0155183 -1,01
núm_bannio_5	-0,0195246*** (-2,08)	cód_estudio_6	-0,0533096*** (-6,73)	cód_depósito_7	0,0198753 -1,24
núm_bannio_6	-0,022717*** (-1,89)	cód_estudio_7	-0,059014*** (-6,64)	cód_depósito_8	0,0537011*** -3,16
núm_bannio_7	-0,0518648*** (-3,62)	cód_estudio_8	-0,0718228*** (-7,68)	cód_depósito_9	0,0303483*** -1,76
núm_bannio_8	-0,0722798*** (-4,62)	cód_estudio_9	-0,0918593*** (-9,32)	cód_depósito_10	0,0471716*** -2,49

Cuadro A2.5 (Continuación)**Modelo con interacción entre características y dummies de tiempo con efectos fijos**

núm_bannio_9	-0,0738701*** (-4,27)	cód_estudio_10	-0,0844745*** (-7,86)	cód_depósito_11	0,0371103*** -1,66
núm_bannio_10	-0,0887983*** (-4,23)	cód_estudio_11	-0,0741955*** (-5,82)	cód_depósito_12	0,042229*** -1,7
núm_bannio_11	-0,1569252*** (-6,66)	cód_estudio_12	-0,0564036*** (-4,21)	_cons	0,0000423 -0,26
núm_bannio_12	-0,1514962*** (-6,35)	piso	-0,0003397*** (-2,02)		

Número de obs. = 327.103

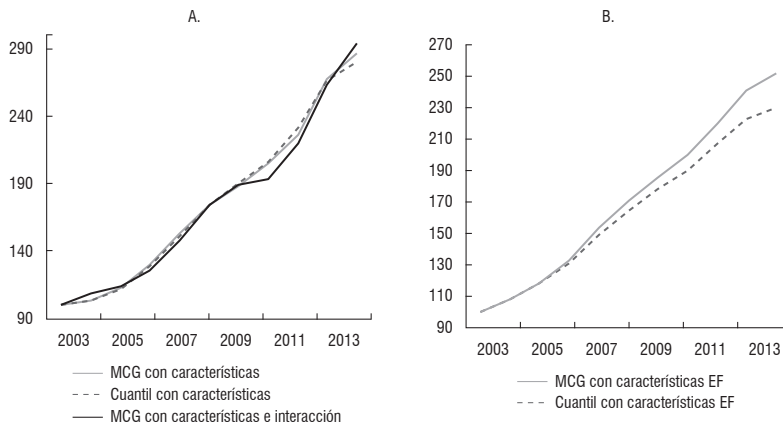
F(67,327035) = 4.628,31

Prob > F = 0,0000

R-cuadrado = 0,7577

Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

En el Gráfico A2.1 se presentan los índices de precios calculados con y sin efectos fijos, e incluyendo características observables. En los dos casos es posible corroborar gráficamente que no hay diferencias importantes en el índice construido, cuando se permite que el precio asociado con características observables varíe en el tiempo, frente al índice calculado donde esto no ocurre.

Gráfico A2.1**Índices de precios de la vivienda con características**

Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores.

12. BURBUJAS EN PRECIOS DE ACTIVOS FINANCIEROS: EXISTENCIA, PERSISTENCIA Y MIGRACIÓN

Juan Pablo Franco
José E. Gómez González
Jair N. Ojeda
Jhon Edwar Torres*

En este capítulo se realizan pruebas de detección y migración de burbujas en precios de vivienda, divisas y acciones para un conjunto de siete países. Se aplican pruebas de detección propuestas por Phillips, Shi y Yu (2012), las cuales también permiten estimar las fechas de inicio y de finalización de burbujas múltiples en una misma serie de tiempo. Las pruebas de migración de burbujas están basadas en el trabajo de Phillips y Yu (2011).

Se analizan siete países, seleccionados con base en la buena disponibilidad de datos históricos de precios de vivienda con frecuencia mensual¹. Adicionalmente, aquella escogencia tuvo en cuenta que en este capítulo se necesita series de precios de vivienda suficientemente largas para hacer pruebas de migración de burbujas desde y hacia el mercado de la vivienda hacia los otros dos mercados, siguiendo a Phillips y Yu (2011). Los países son los siguientes: Colombia, Holanda, el Reino Unido, Sudáfrica, Portugal, Corea del Sur y Canadá.

* Los autores son, en su orden, profesional del Departamento de Estabilidad Financiera; investigadores principales de la Unidad de Investigaciones, y profesional del Departamento de Programación e Inflación, del Banco de la República. Se agradece la asistencia de investigación de Óscar Jaulín y Natalia Sicard, así como los comentarios de Hernando Vargas, Ángelo Duarte y Esteban Gómez. Los errores y omisiones son responsabilidad exclusiva de los autores.

Las opiniones expresadas en este artículo en ningún caso comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

¹ Se implementa la metodología con datos mensuales debido a que permite tener un mayor número de observaciones y permite trabajar con tamaños de ventana más amplios.

Los resultados de las pruebas econométricas de detección e identificación de burbujas muestran que esta exuberancia de precios es más común en el mercado de vivienda que en el de divisas o el de acciones. Entre los dos mercados restantes se detectan burbujas en la mayoría de países analizados, aunque estas son de poca duración. Estos resultados son comunes tanto en mercados de países desarrollados como en el de países emergentes.

En este capítulo también se examina la hipótesis de migración de burbujas entre diferentes mercados de activos dentro de un mismo país. Con este fin, se usa una prueba econométrica desarrollada por Phillips y Yu (2011), la cual trata de examinar si la formación o colapso de la burbuja en el precio de un activo lleva a la formación o colapso de una burbuja en el precio de otro activo, lo cual podría ocurrir debido a que los inversionistas realizan fuertes recomposiciones en sus portafolios de inversión en periodos de exuberancia. Los resultados indican evidencia de migración de burbujas entre los mercados de activos de Sudáfrica, Corea del Sur, Holanda y Canadá.

Luego de esta introducción, en la sección I se presenta una breve revisión de literatura relacionada. En la siguiente se explican los modelos teóricos de base, las metodologías de detección y las pruebas de migración de burbujas. La sección III consta de una descripción de los datos utilizados en este capítulo. En IV se describen los resultados país por país. Finalmente, se presentan algunos comentarios a manera de conclusión.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

La metodología econométrica de detección de burbujas desarrollada por Phillips, Shi y Yu (2012), es una de las más recientes dentro de un conjunto de metodologías propuestas anteriormente en la literatura. Esta prueba de detección se caracteriza por ofrecer una solución a la crítica de Evans (1991), la cual consiste en señalar que las pruebas econométricas basadas en cointegración tienen problemas de detección cuando existen múltiples burbujas que colapsan de manera periódica. En respuesta, Phillips *et al.* (2012) muestran que su metodología tiene buen desempeño detectando la ocurrencia de burbujas múltiples.

Esta metodología también permite responder a la preocupación de Gurkaynak (2008) sobre la dificultad de saber si las desviaciones de los fundamentales son realmente burbujas o más bien variaciones en los coeficientes estructurales. La metodología de Phillips *et al.* (2012) está diseñada para que solo se detecten burbujas si el precio del activo estudiado se aleja de sus fundamentales de manera explosiva. De este modo, no todo desalineamiento es detectado como burbuja automáticamente. Por último, Taipalus (2012) realiza ejercicios de simulación con la metodología de Phillips *et al.* (2012) y encuentra que tiene buen desempeño econométrico para detectar varios casos de ocurrencia de burbujas.

La aplicación de esta metodología al mercado de vivienda es de gran interés debido al comportamiento de este sector en los Estados Unidos desde 2007, el cual está asociado con la posterior crisis hipotecaria en ese país. Phillips y Yu (2011) estudian este caso y encuentran evidencia del comportamiento exuberante en este mercado entre mayo de 2002 y diciembre de 2007. Una aplicación al mercado de vivienda de Hong-Kong es

realizada por Yiu, Yu y Jin (2013), quienes encuentran que en ese país dicho sector ha atravesado por varios periodos de comportamiento exuberante.

La literatura sobre detección de burbujas en el mercado accionario se ha preocupado particularmente por el episodio denominado *dot-com* en los Estados Unidos en el año 2000, debido a la dinámica alcista de los precios de las acciones y la caída inesperada que se observó posteriormente. Por ejemplo, en el trabajo de Phillips *et al.* (2012) se presenta una aplicación al índice accionario S&P 500 de Estados Unidos con datos mensuales desde 1871 hasta 2010. Sus resultados muestran la presencia de comportamiento explosivo de los precios (con respecto a los dividendos) cerca de todos los periodos en los que la economía estadounidense ha experimentado crisis financieras. En particular, se encuentra una burbuja, con componentes positivos y negativos, durante el periodo 1995-2001, la cual está relacionada con el episodio dot-com.

La aplicación de metodologías de detección de burbujas al mercado de divisas ha sido más escasa. Bettendorf y Chen (2012) estudian la existencia de burbujas en el mercado de divisas de la libra esterlina con respecto al dólar estadounidense utilizando la prueba de Phillips *et al.* (2011), y no encuentran evidencia de comportamiento exuberante para el tipo de cambio nominal. Tampoco se encuentra este tipo de evidencia para el mercado de divisas del real brasileiro en el trabajo de Maldonado *et al.* (2012), quienes utilizan una prueba para detectar cambios estructurales en el proceso generador de la serie que relaciona el precio observado con sus fundamentales.

Finalmente, Pavlidis *et al.* (2014) aplican la metodología de Phillips *et al.* (2012) a los precios de la vivienda de varios países desarrollados, incluyendo los Estados Unidos, el Reino Unido y España. Sus resultados indican que estos tres países experimentaron periodos de exuberancia entre 1999 y 2007, los cuales explican la posterior corrección abrupta de precios de vivienda que acompañó la crisis financiera.

2. METODOLOGÍA ECONOMETRICA

2.1 Detección de burbujas

Para detectar periodos de burbujas en el precio de activos financieros se usa un procedimiento recursivo desarrollado recientemente, que permite identificar y fechar los periodos con comportamiento explosivo. Esta metodología está basada en Phillips *et al.* (2012), quienes la propusieron como un sistema de alerta temprana, el cual asume que los precios de los activos financieros están sujetos a periodos de exuberancia.

Siguiendo a Phillips *et al.* (2012), una burbuja puede ser definida dentro de un modelo estándar de valoración de activos financieros con tasa de descuento constante.

$$P_t = \frac{1}{1+r_f} E_t (P_{t+1} + D_{t+1}) \quad (1)$$

Donde P_t es el precio del activo; D_t es el pago o dividendo recibido por la tenencia del activo; el operador de expectativas con información hasta t es E_t ; finalmente, r_f es la tasa de interés libre de riesgo. Resolviendo recursivamente la Ecuación (1), se obtiene

una expresión para el precio del activo como una función del flujo de caja esperado en el futuro.

$$P_t = \sum_{i=0}^{\infty} \left(\frac{1}{1+r_f} \right)^i E_t(D_{t+i}) + \lim_{k \rightarrow \infty} E_t(P_{t+k}) \quad (2)$$

El componente burbuja puede ser definido a partir de la ecuación 2 como la diferencia entre el precio del activo y el valor presente de todos los retornos esperados en el futuro, el cual se denota como P_t^F . Por tanto, el componente burbuja se puede definir como la diferencia entre el precio observado y lo que indican sus fundamentales: $B_t = P_t - P_t^F$. De acuerdo a la ecuación 2, este componente, a su vez, incluye el valor esperado futuro del activo que no está explicado por el flujo esperado de retornos.

Diba y Grossman (1988) muestran que el componente B_t tiene un comportamiento explosivo, pues debe satisfacer que: $E_t(B_{t+1}) = (1 + r_f) B_t$. Este resultado sugiere que es posible emplear pruebas econométricas para detectar comportamientos explosivos en series de tiempo como un método de detección de burbujas. No obstante, puesto que el comportamiento del precio está determinado por el comportamiento (posiblemente exuberante) de los retornos esperados del activo, Phillips *et al.* (2012) sugieren aplicar pruebas econométricas al cociente P_t/D_t , el cual no puede comportarse explosivamente en la ausencia de burbujas.

El método econométrico está basado en la prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller aumentada (ADF, por su sigla en inglés) calculada con la siguiente regresión:

$$\Delta p_t = \mu + (p-1)p_{t-1} + \sum_{i=1}^k \Delta p_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

en donde p_t es el cociente entre el precio del activo y su dividendo; ε_t es un término de error, y μ es un componente determinístico constante. La hipótesis nula es de raíz unitaria ($H_0: \rho = 1$) y la hipótesis alternativa es de comportamiento explosivo ($H_1: \rho > 1$). Nótese que esta hipótesis alternativa es diferente a la de las pruebas de raíz unitaria comúnmente utilizadas ($H_1: \rho < 1$), las cuales intentan verificar si existe un comportamiento estacionario.

Las pruebas de raíz unitaria con hipótesis alternativa de comportamiento explosivo también se conocen como pruebas de cola derecha. La metodología de Phillips *et al.* (2012) implica calcular esta prueba en múltiples regresiones recursivas en las cuales varían tanto el número de observaciones como la fecha de inicio de la estimación. El estadístico GSADF es el supremo de todas las pruebas resultantes con respecto al número de observaciones y a las fechas alternativas de inicio de la estimación. Este estadístico es usado como prueba de la existencia de al menos una burbuja en la muestra completa.

Consideremos que r_0 es la fracción de la muestra que corresponde al mínimo número de observaciones usado en cada regresión². Además, r_2 es la fracción correspondiente a la última observación utilizada en cada regresión. Finalmente, $r_w \geq r_0$ es la fracción de la muestra que corresponde al tamaño de la ventana de la regresión y sea n el tamaño

2 Por ejemplo, si k es el tamaño mínimo de la ventana y n es el tamaño total de la muestra, $r_0 = k/n$.

de la muestra. Definimos como $ADF_{r_2-r_w}^{r_2}$ la prueba de raíz unitaria que se obtiene de una regresión que comienza en la fracción muestral $r_2 - r_w$ y termina en la fracción r_2 . Entonces, podemos definir la prueba GSADF de la siguiente manera:

$$GSADF(r_0) = \sup_{r_w \in [r_0, r_2]} \sup_{r_2 \in [r_w, 1]} ADF_{r_2-r_w}^{r_2}. \quad (4)$$

Phillips *et al.* (2012) derivan la distribución límite del estadístico GSADF, la cual es una función no lineal de r_0 y de movimientos brownianos. Usando este resultado y métodos de simulación de Montecarlo, es posible calcular valores críticos tanto asintóticos como de muestra finita.

Con el fin de estimar las fechas de origen y de colapso de las burbujas, se usa el estadístico BSADF, que es igual al supremo de las pruebas de raíz unitaria para una serie de fechas, sobre los diferentes tamaños de muestra alternativos. La serie resultante de estadísticos de prueba es luego comparada con un conjunto de valores críticos calculados apropiadamente.

$$BSADF(r_0) = \sup_{r_1 \in [0, r_2 - r_0]} ADF_{r_1}^{r_2} \quad (5)$$

Cada estadístico BSADF es calculado para cada fracción alternativa r_2 que corresponde a cada observación de la muestra, excepto por las primeras $[r_0 n]$ observaciones. De esta forma, el supremo se calcula con respecto a los tamaños de muestra alternativos que se usan para estimar la prueba de raíz unitaria recursiva. La fecha de origen de una burbuja corresponde al momento en el cual la BSADF aumenta por encima de una serie apropiada de valores críticos. De manera análoga, la fecha en la que termina el comportamiento explosivo corresponde a la fecha en la cual el estadístico baja y resulta menor que la serie de valores críticos.

Siguiendo a Yiu *et al.* (2013), la serie de valores críticos es calculada a partir de la siguiente ecuación:

$$CVr_2 = 2,44 + \log(r_2 n) / 100 \quad (6)$$

donde 2,44 es el percentil 99 de la distribución asintótica del estadístico BSDF. Alternativamente, se usan los percentiles 95 y 90 los cuales son iguales a 1,92 y 1,66, respectivamente.

2.2 Pruebas de migración

El procedimiento de Phillips y Yu (2011) para analizar la migración de burbujas de un mercado a otro procede de la siguiente manera³: una vez se identifica la presencia de

3 Phillips y Yu (2011) describen originalmente este procedimiento con el objetivo de detectar migración de burbujas, lo cual ocurre cuando la correlación entre sus series de persistencia es negativa.

burbujas, se estima la persistencia de cada serie mediante su componente AR(1) con un método recursivo. Este coeficiente, cambiante en el tiempo, permite capturar las variaciones de persistencia que se producen durante los períodos de exuberancia y colapso.

Específicamente, para una serie $\{X_t\}_{t=1}^{\tau}$ se estiman los coeficientes AR(1) mediante regresiones de mínimos cuadrados ordinarios con el método señalado. La serie de coeficientes resultantes se denota como $\widehat{\theta}_x(\tau)$. La prueba de migración busca determinar el efecto de dichas variaciones en la persistencia sobre el comportamiento de la persistencia de una segunda serie Y_t en la cual también se han detectado burbujas. Para la serie Y_t igualmente se estiman los coeficientes AR(1) de forma recursiva, con lo cual se encuentra un conjunto de estimadores denotados por $\widehat{\theta}_y(\tau)$.

Las burbujas están asociadas con picos de persistencia, es decir, puntos del tiempo cuando se observan máximos locales de $\widehat{\theta}_x(\tau)$ y $\widehat{\theta}_y(\tau)$. Para evaluar la posible migración, se toma como período de estimación el comprendido entre los picos de persistencia de las burbujas detectadas en los mercados primero en X_t , y luego en Y_t . Con las series de persistencia para este período de estimación, se calcula la siguiente regresión:

$$\theta_y(\tau) - 1 = \beta_{0n} + \beta_{1n}(\theta_x(\tau) - 1) \frac{\tau - \tau_{px}}{m} + \text{error} \quad (7)$$

En la que τ representa el período de la estimación; τ_{px} es el momento en el que los coeficientes $\widehat{\theta}_x(\tau)$ alcanzan su punto máximo, y m representa la longitud del período de estimación. Se busca verificar estadísticamente si los cambios en la persistencia de X_t tienen efectos en la persistencia de Y_t , por tanto, la hipótesis por estudiar es:

$$H_0: \beta_{1n} = 0, H_1: \beta_{1n} < 0 \quad (8)$$

El estadístico de prueba para verificar la hipótesis en (8) es de la forma:

$$Z_\beta = \widehat{\beta}_{1n} / L(m) \quad (9)$$

Para alguna función de cambio lento $L(m)$, tomada en este caso como a $\log(m)$, con $a > 0$. Los valores críticos son aquellos de la normal estándar. Phillips y Yu (2011) recomiendan usar valores de a de 1/3, 1 y 3 para reflejar el impacto de diferentes factores de normalización, estrategia que es seguida en el ejercicio empírico reportado en la siguiente sección.

3. DATOS

Se estudian series de precios de vivienda, acciones y divisas para cada uno de los siete países estudiados: Colombia, Holanda, el Reino Unido, Sudáfrica, Portugal, Corea del

Sur y Canadá⁴. En el caso de la vivienda, los datos se obtienen de una recopilación que realiza el Banco de Pagos Internacionales y de oficinas especializadas de estadística de cada país (Cuadro 1). Por su parte, la información de acciones se obtiene de Bloomberg mediante el indicador de rendimiento del dividendo (*dividend yield*) de cada país. Por último, la información de divisas se construye utilizando la información de la base de estadísticas financieras internacionales (IFS) del Fondo Monetario Internacional (FMI).

Cuadro 1
Datos utilizados para el análisis del mercado de vivienda

País	Precio/fundamental	Período de análisis	Fuente
Colombia	Precio de la vivienda nueva en Bogotá/ índice de precios de arriendos	enero de 1994 a diciembre de 2013	DNP y DANE
Holanda	Precio de la vivienda usada/ índice de precios de arriendos	enero de 1996 a diciembre de 2013	Statistics Netherlands
Reino Unido	Precio de la vivienda nueva y usada/ índice de precios de arriendos	enero de 1988 a diciembre 2013	Office for National Statistics
Sudáfrica	Precios de la vivienda nueva y usada/ índice de precios de arriendos	enero de 1981 a diciembre de 2013	Absa Group Limited
Portugal	Precios de la vivienda nueva y usada/ índice de precios de arriendos	enero de 1995 a diciembre de 2013	Confidencial Inmobiliario and Statistics Portugal
Corea del Sur	Precio de la vivienda nueva y usada/ índice de precios de arriendos	enero de 1986 a diciembre de 2013	Bank of Korea
Canadá	Precios de la vivienda nueva/ índice de precios de arriendos	enero de 1992 a diciembre de 2013	Statistics Canada

Fuente: elaboración de los autores

En el caso específico del mercado de vivienda, es muy difícil obtener índices de precios de vivienda totalmente comparables y homogéneos entre países, ya que los indicadores de precios agregan un mercado que es de bienes heterogéneos por naturaleza. Por ejemplo, no todos los países incluyen información de vivienda nueva y usada en el mismo índice. De este modo, dos países (Colombia y Canadá) solo tienen series de precios de vivienda nueva; mientras que Holanda únicamente cuenta con series mensuales de precios de vivienda usada. En el caso de Colombia, el indicador corresponde solo al mercado inmobiliario de su ciudad capital, debido a la poca disponibilidad de precios mensuales para otras ciudades.

Para el estudio del mercado accionario se utilizó para cada país, la serie del cociente de precios sobre dividendos. Este cociente es calculado como el inverso del *dividend yield* publicado por Bloomberg para los índices accionarios de cada país (Cuadro 2).

4 Estos países fueron seleccionados debido a la disponibilidad de series mensuales de precios de vivienda, lo cual permite tener series con un mayor número de observaciones.

Cuadro 2
Datos utilizados para el análisis del mercado de valores

País	Fundamental	Período de análisis
Colombia	precio / dividendo	abril de 2003 a diciembre de 2013
Holanda	precio / dividendo	junio de 1993 a diciembre de 2013
Reino Unido	precio / dividendo	mayo de 1993 a diciembre de 2013
Sudáfrica	precio / dividendo	octubre de 2002 a diciembre 2013
Portugal	precio / dividendo	septiembre de 1997 a diciembre de 2013
Corea del Sur	precio / dividendo	Enero de 2002 a diciembre de 2013
Canadá	precio / dividendo	mayo de 1993 a diciembre 2013

Fuente: Bloomberg.

En el análisis para el mercado de divisas (Cuadro 3) se utilizan las series de tipo de cambio real bilaterales (con respecto al dólar estadounidense) construidas con información del Fondo Monetario Internacional (FMI). Su cálculo se realiza tomando el tipo de cambio nominal de cada país con respecto al dólar, y multiplicándolo por la relación de precios entre el índice de precios al consumidor (IPC) de los Estados Unidos y el IPC del país analizado. En este caso, el fundamental del precio del activo (divisas) es la evolución de los precios relativos de ambos países siguiendo la teoría de la paridad de poder de compra como fundamental de largo plazo y siguiendo a Maldonado *et al.* (2012). También, es importante anotar que los períodos seleccionados están basados en los períodos de flotación según la clasificación *de facto* de regímenes cambiarios de Levy-Yeyati y Sturzenegger (2005).

Cuadro 3
Datos utilizados para el análisis del mercado de divisas

País	Fundamental	Período de análisis
Colombia	Relación entre IPC local e IPC de Estados Unidos	enero de 1994 a diciembre de 2013
Holanda	Relación entre IPC local e IPC de Estados Unidos	enero de 1999 a diciembre de 2013
Reino Unido	Relación entre IPC local e IPC de Estados Unidos	enero de 1990 a diciembre de 2013
Sudáfrica	Relación entre IPC local e IPC de Estados Unidos	enero de 1996 a diciembre de 2013
Portugal	Relación entre IPC local e IPC de Estados Unidos	enero de 1999 a diciembre de 2013
Corea del Sur	Relación entre IPC local e IPC de Estados Unidos	enero de 1998 a diciembre de 2013
Canadá	Relación entre IPC local e IPC de Estados Unidos	enero de 1992 a diciembre de 2013

Fuente: FMI.

4. RESULTADOS EMPÍRICOS

Las pruebas de detección de burbujas se aplican para cada uno de los países analizados (Colombia, Sudáfrica, Reino Unido, Holanda, Portugal, Canadá y Corea) para los mercados accionarios, de vivienda y de divisas. En general, se observa que el mercado más propenso a burbujas en los precios es el inmobiliario, mientras que la evidencia en los otros mercados es escasa. Los resultados se muestran por país para los tres mercados. Para efectuar el estudio, se tomó como referencia una ventana mínima de dieciocho observaciones para la realización de la prueba de raíz unitaria recursiva, según el método de Phillips *et al.* (2012). Para la prueba GSADF se calculan los valores críticos con niveles de significancia del 90%, 95% y 99%. Las gráficas muestran la prueba BSADF frente a una serie de valores críticos con un nivel de *significancia* del 95%. Adicionalmente, se aplica la prueba de migración en cada uno de los países en aquellos casos en los cuales se observa períodos de exuberancia contiguos entre mercados. Presentamos los resultados solo para aquellos casos en los que la metodología muestra evidencia de migración de burbujas entre mercados.

4.1 Colombia

En el Cuadro 4 la prueba GSADF para el período analizado muestra evidencia fuerte de la existencia de burbujas en los mercados de vivienda y acciones, contrario a lo que sucede en el mercado de divisas.

Cuadro 4
Pruebas GSADF para Colombia

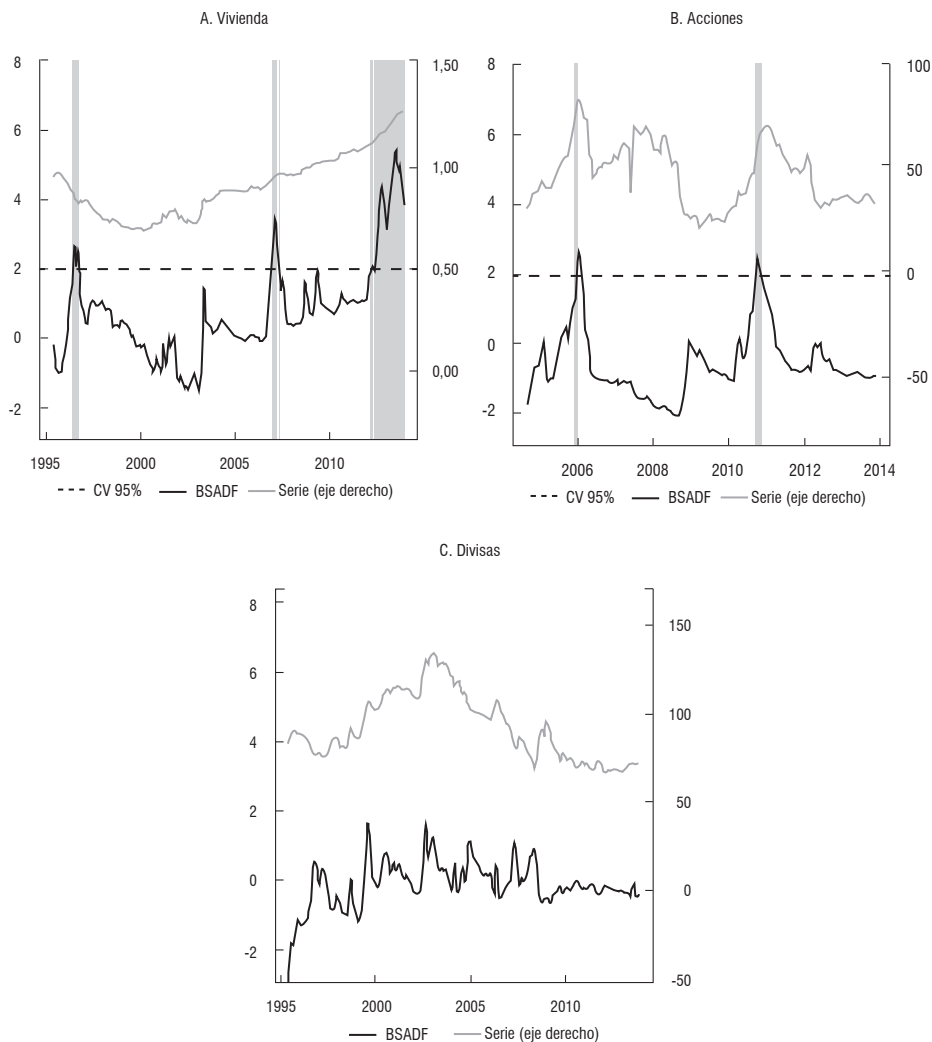
Mercado	Resultados de la prueba GSADF			
	Estadístico de prueba	CV 90%	CV 95%	CV 99%
Vivienda	5,445	2,122	2,355	3,017
Acciones	2,675	1,834	2,077	2,597
Divisas	1,705	1,974	2,086	2,949

Fuente: cálculos de los autores.

El Gráfico 1, panel A, muestra evidencia de al menos tres burbujas de larga duración para el mercado de vivienda en Colombia. La primera de ellas es negativa, ocurre entre julio y octubre de 1996, y está asociada con la caída generalizada de precios de vivienda, la cual se relaciona con la posterior crisis financiera sufrida en Colombia entre 1998 y 2000. En este caso, una burbuja negativa se asocia con un episodio en el cual los precios de la vivienda caen de manera acelerada.

Gráfico 1

Pruebas de detección de burbujas para Colombia



Fuente: elaboración de los autores.

La segunda burbuja identificada en el mercado de vivienda se observa entre enero y mayo de 2007 y está muy posiblemente relacionada con el auge crediticio observado en este período. Asimismo, la última burbuja tiene lugar desde marzo de 2012 hasta diciembre de 2013, el cual es el dato más reciente de nuestra muestra. Este resultado es una confirmación de lo encontrado por Gómez *et al.* (2013), quienes muestran que este comportamiento exuberante reciente también se obtiene cuando se utilizan deflatores alternativos

para el precio de la vivienda y cuando el procedimiento utiliza ventanas de análisis de diferentes tamaños.

Con respecto al precio de la vivienda en este último período, ha surgido un debate sobre si obedece realmente a un comportamiento de alejamiento del precio de sus fundamentales. Por ejemplo, en el trabajo de Salazar *et al.* (2013) se concluye que este comportamiento alcista se explica por el crecimiento del precio del suelo debido a las restricciones de oferta y de uso en la ciudad de Bogotá. Por otro lado, Hernández y Piraquive (2014) encuentran que el comportamiento exuberante en Bogotá se observa principalmente en la vivienda de lujo y que podría estar explicada por la evolución de los ingresos reales per cápita.

En el mercado de valores colombiano, panel B, se encuentra evidencia de dos burbujas: la primera en enero de 2006 y la siguiente entre octubre y noviembre de 2010. En el primer caso, el comportamiento exuberante se observa durante el período alcista de las cotizaciones, que termina a mediados de 2006. Esta evolución del índice general de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC) con respecto a los dividendos es el resultado de un contexto internacional en el que los inversionistas extranjeros fueron atraídos por los mercados de países emergentes donde se presentaba un diferencial favorable en las tasas de interés.

El segundo período de comportamiento exuberante (panel B), tiene lugar durante el ciclo alcista de las cotizaciones de bolsa, y que va desde noviembre de 2009 hasta diciembre de 2010. Esta fuerte valorización del IGBC ha sido atribuida tanto a factores de demanda como de oferta⁵: en el primer caso, se destaca el interés de inversionistas extranjeros en los mercados emergentes, mientras que en el segundo, una oferta escasa de activos de renta variable. Esta tendencia se revirtió bruscamente a lo largo de 2011 y el indicador se estabilizó en la primera mitad de 2012.

En el mercado de divisas, como lo muestra el Cuadro 4, no se encontramos evidencia de existencia de burbujas en el período considerado. En el panel C del Gráfico 1 se confirma este resultado, ya que el estadístico BSADF no se ubica por encima de su valor crítico en ningún período. Estos resultados pueden estar relacionados con que el mercado de divisas en Colombia es centralizado y sus participantes tienen buen acceso a la información relevante.

Finalmente, en Colombia no se observan períodos de exuberancia contiguos en ningún mercado y por lo tanto no es necesario realizar pruebas para detectar migración de burbujas entre mercados.

4.2 Holanda

En el caso de Holanda los resultados del Cuadro 5 muestran la existencia de burbujas en los mercados de vivienda y acciones. En el mercado de divisas la prueba GSADF no detecta ningún comportamiento exuberante. Como se muestra a continuación, las burbujas de mayor duración se presentan en el mercado de vivienda.

5 Véase *Reporte de Estabilidad Financiera* del Banco de la República de marzo de 2011.

Cuadro 5
Pruebas GSADF para Holanda

Resultados de la prueba GSADF				
Mercado	Estadístico de prueba	CV 90%	CV 95%	CV 99%
Vivienda	3,897	2,140	2,393	3,017
Acciones	2,682	2,173	2,429	3,048
Divisas	1,272	1,948	2,145	2,949

Fuente: cálculos de los autores.

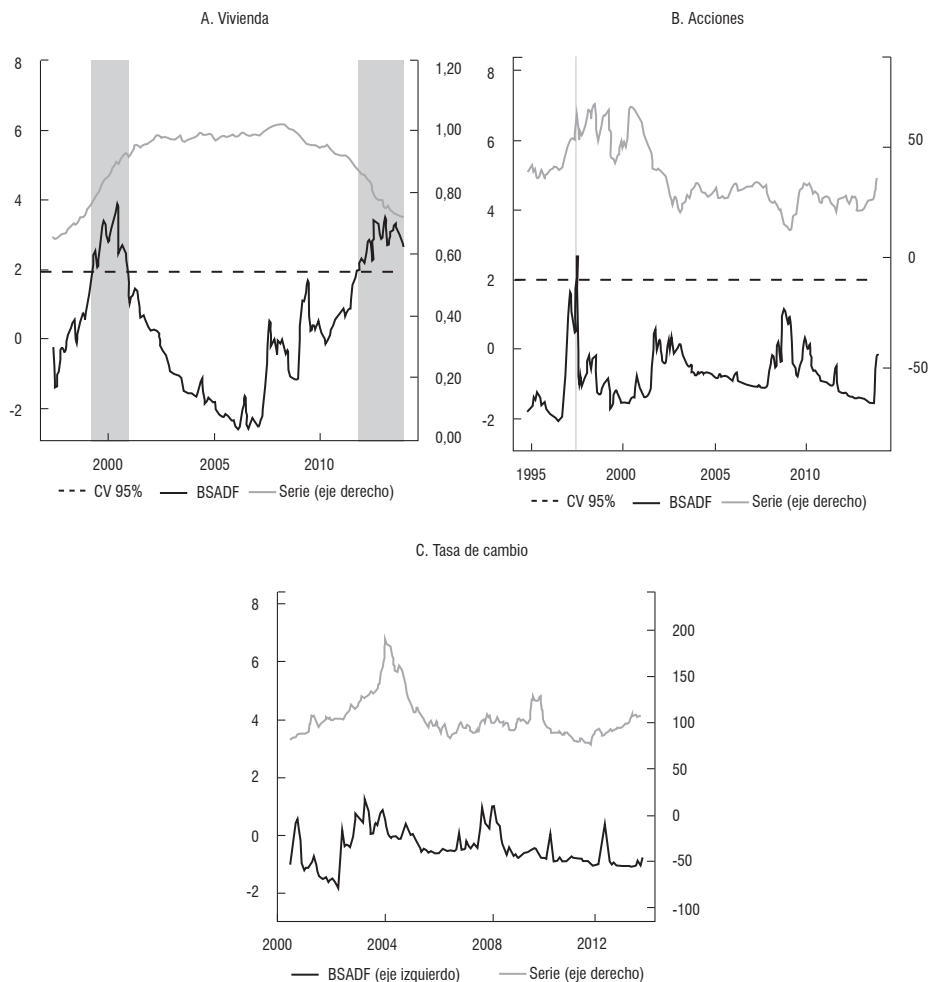
Los precios de la vivienda en Holanda tuvieron un fuerte aumento en los años noventa, con una tasa de crecimiento nominal de 9,7% anual en promedio entre 1991 y 2000 (Kra-nendonk y Verbruggen, 2008). Para finales de los años noventa la metodología aquí adop-tada muestra la existencia de una burbuja entre mayo de 1999 y diciembre de 2000, la cual está relacionada con el alto crecimiento del precio nominal.

Además de la burbuja que se presentó en el año 2000, se detectan otras en la parte final de la muestra, que inician en septiembre de 2011 (Gráfico 2, panel A). Esta burbuja es negativa, ya que está relacionada con una corrección hacia abajo del precio de este activo, a causa, probablemente, de la crisis soberana y financiera en Europa (FMI, 2013). Es interesante señalar que, en el caso de Holanda, no se detecta ningún comportamiento exuberante de los precios de la vivienda durante los años inmediatamente anteriores a la crisis financiera de 2009 y 2010.

En el mercado accionario se detecta una única burbuja en julio de 1997, la cual tuvo una duración de un mes. En el Gráfico 2 (panel B) se observa que esta burbuja fue posi-tiva y que ocurre durante un período alcista de precios que termina a mediados de 1998.

En el mercado de divisas no se detectan burbujas para el período considerado, el cual incluye el período del euro. Se realizan pruebas de migración y se encuentra eviden-cia de que la burbuja del mercado accionario migró hacia el mercado de vivienda pau-latinamente durante 1997 y 1998. Este resultado es presentado en detalle en el Anexo 2.

Gráfico 2
Pruebas de detección de burbujas para Holanda



Fuente: elaboración de los autores..

4.3 Reino Unido

Las pruebas de detección de burbujas para los mercados de activos del Reino Unido (Cuadro 6) muestran, para el mercado de divisas y vivienda, presencia de burbujas al 99%, mientras que para el mercado de acciones no se detecta ningún comportamiento exuberante. Específicamente, en el mercado de vivienda las pruebas señalan que hubo ocho episodios de burbujas, los cuales ocurrieron en el período 1999-2009. En el mercado cambiario se halla una burbuja a finales de 2008 que se extiende hasta comienzos de 2009.

Cuadro 6
Pruebas GSADF para el Reino Unido

Resultados de la prueba GSADF				
Mercado	Estadístico de prueba	CV 90%	CV 95%	CV 99%
Vivienda	6,864	2,274	2,532	3,092
Acciones	1,789	2,173	2,429	3,048
Divisas	4,261	2,043	2,220	2,954

Fuente: cálculos de los autores.

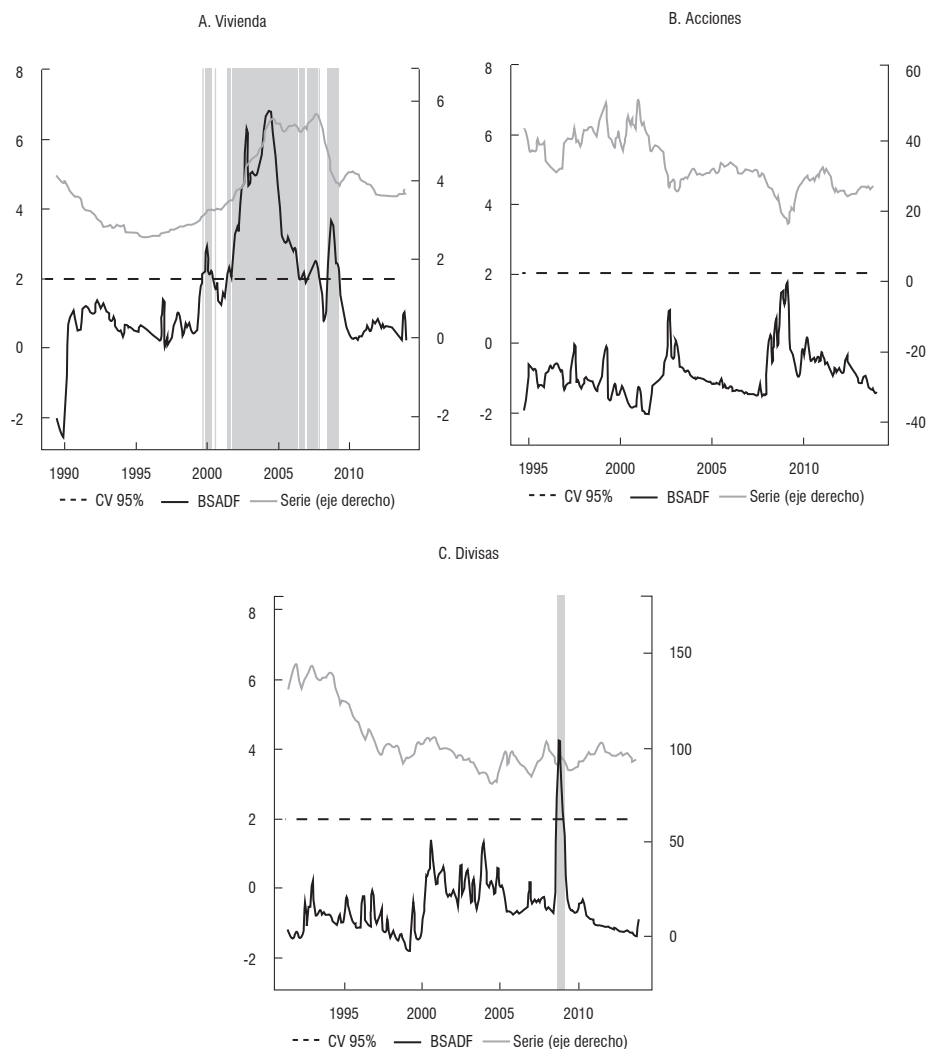
Las dos burbujas de mayor duración en el mercado de vivienda del Reino Unido ocurren entre noviembre de 2001 y junio de 2006 (período de mayor duración), y coinciden con un período de crecimiento prolongado de los precios. El segundo episodio va de agosto de 2006 a octubre de 2007, cuando el cociente de precios crece de nuevo después de una breve pausa. Similar a los Estados Unidos, en el Reino Unido se observó un considerable aumento en el índice de precios de la vivienda desde 1999 hasta 2006. Luego, ocurrió una acelerada corrección que se asocia con episodios de burbujas negativas y la crisis financiera internacional.

El panel b del Gráfico 3 confirma que no hay evidencia de burbujas en el mercado accionario del Reino Unido. Durante la crisis financiera de 2008 y 2009 se observa una caída importante del indicador que, según la prueba econométrica, no alcanza a tener la dinámica asociada con un comportamiento exuberante.

Mientras caían los precios de la vivienda en 2008, se observó simultáneamente un episodio de depreciación del tipo de cambio. Una posible explicación de esta dinámica es que los inversionistas liquidaron una proporción importante de sus inversiones en el Reino Unido ante el profundo ajuste de precios en el mercado de vivienda. Sin embargo, los resultados de la prueba de migración no muestran evidencia estadística de que la burbuja inmobiliaria migró al mercado de divisas en el período señalado.

Como se muestra en el Gráfico 3, panel C, la burbuja en el mercado de divisas se presenta al depreciarse el tipo de cambio libra-dólar entre octubre de 2008 y marzo de 2009. En el contexto de la crisis, inversionistas de mercados desarrollados buscaron refugio en el oro y en activos denominados en monedas con menos vulnerabilidades, por lo que se observó una demanda creciente por dólares estadounidenses. Adicionalmente, la depreciación de la libra esterlina ayudó a compensar la debilidad de la demanda externa (FMI, 2009).

Gráfico 3
Pruebas de detección de burbujas para el Reino Unido



Fuente: elaboración de los autores.

4.4 Sudáfrica

La prueba de detección de burbujas señala la existencia de comportamientos exuberantes en todos los mercados analizados en Sudáfrica. La prueba GSADF para los mercados de divisas y de vivienda encuentra esta evidencia a un nivel de *significancia* de 99%, mientras que en el mercado de acciones, la conclusión se obtiene a un nivel del 95% (Cuadro

7). Debe mencionarse que en el mercado de valores se detecta una sola burbuja, mientras que en los otros casos se detectan varias.

Cuadro 7
Pruebas GSADF para Sudáfrica

Resultados de la prueba GSADF				
Mercado	Estadístico de prueba	CV 90%	CV 95%	CV 99%
Vivienda	11,240	2,371	2,624	3,285
Acciones	2,448	1,875	2,181	2,714
Divisas	4,515	1,956	2,177	2,950

Fuente: cálculos de los autores.

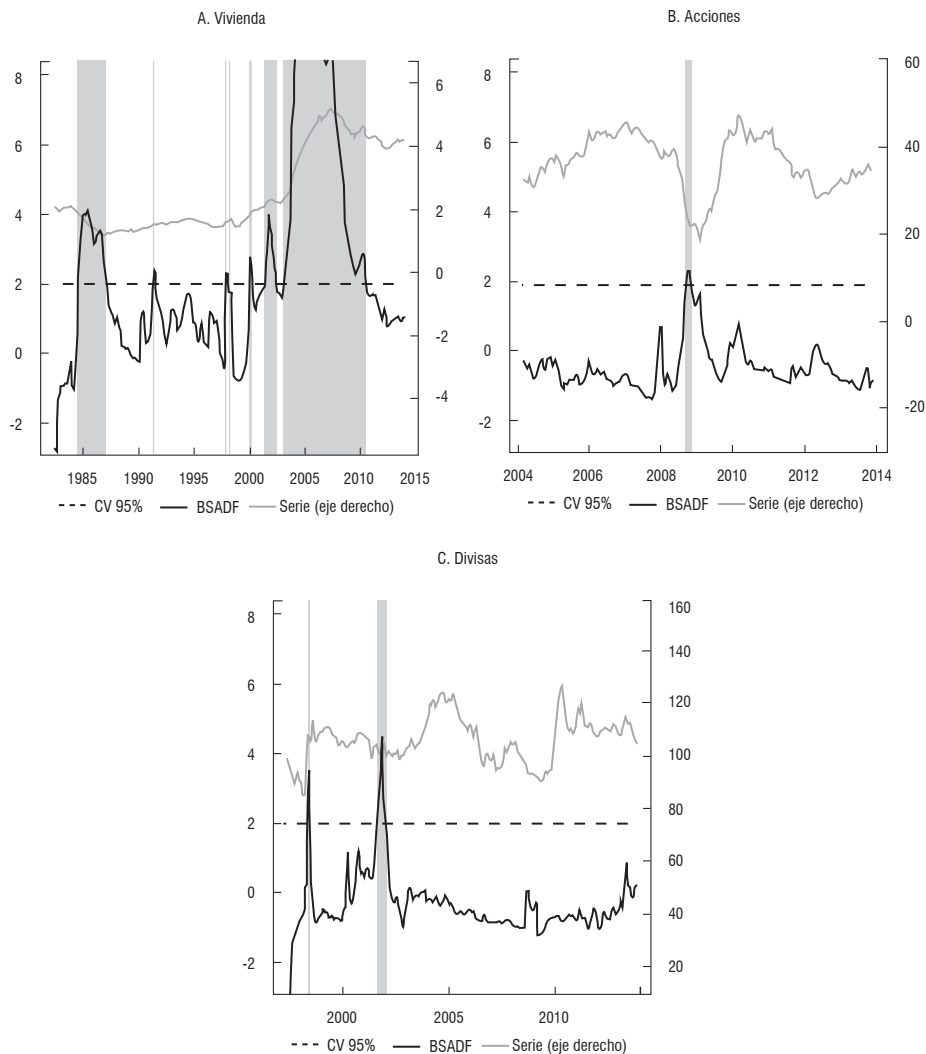
Se detectan seis períodos de burbujas en el mercado de la vivienda de Sudáfrica. No obstante, merece especial atención, por su duración, aquella identificada entre febrero de 2003 y junio de 2010. El aumento de los precios de la vivienda durante este período ocurrió en un contexto de fuerte endeudamiento de los hogares (FMI, 2009b). Además, es interesante observar que este comportamiento exuberante empezó en momentos similares a los del mercado de vivienda de los Estados Unidos y el Reino Unido. Cabe anotar que este período exuberante incluye un lapso de subida de precios, hasta finales de 2007, y luego un episodio de caída paulatina (Gráfico 4, panel A).

En el mercado accionario se detecta una única burbuja que ocurre entre octubre y noviembre de 2008 (Gráfico 4). La pronunciada caída observada en las cotizaciones está asociada con el alto nivel de incertidumbre económica global observada durante esos meses, y que terminó por inducir salidas de capitales de inversión (FMI, 2009b). Cabe anotar que la recuperación de este choque fue rápida, ya que a principios de 2010 el índice accionario sobre dividendos había recuperado los niveles observados antes de la burbuja.

En el mercado de divisas se detectan dos episodios de exuberancia. La más reciente tuvo lugar entre octubre de 2001 y febrero de 2002. La fase de depreciación que comenzó en 2001 se entiende como una consecuencia del efecto contagio en el tipo de cambio de las crisis financieras observadas en varios países emergentes durante este período (Argentina, Brasil y Rusia, entre otros; FMI, 2003).

Las pruebas estadísticas detectan dos episodios de migración en Sudáfrica: en primer lugar, la burbuja en el mercado de vivienda que ocurre entre mayo de 2001 y junio de 2002 contagió al mercado de divisas, el cual muestra un comportamiento exuberante de apreciación del rand entre octubre de 2001 y febrero de 2002 (Gráfico 4, panel C). En segundo lugar, se encuentra evidencia de que la parte negativa de la burbuja de precios de vivienda que ocurre en 2008 se transmitió al mercado accionario en la forma de un comportamiento exuberante negativo. En el Anexo 2 se presentan resultados detallados de las pruebas de migración.

Gráfico 4
Pruebas de detección de burbujas para Sudáfrica



Fuente: elaboración de los autores.

4.5 Portugal

En Portugal solo hay evidencia de burbujas en el mercado de vivienda (Cuadro 8). La prueba GSADF no rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria en el caso de los mercados de acciones y de divisas.

Cuadro 8
Pruebas GSADF para Portugal

Resultados de la prueba GSADF				
Mercado	Estadístico de prueba	CV 90%	CV 95%	CV 99%
Vivienda	3,651	2,177	2,433	3,045
Acciones	1,561	2,013	2,267	2,752
Divisas	1,272	1,948	2,145	2,949

Fuente: cálculos de los autores.

En el mercado de vivienda de Portugal se detectaron seis episodios de burbuja en el período 1995-2013. De estos episodios, el de mayor duración corresponde al más reciente, que empieza en octubre de 2010 y va hasta diciembre de 2013, la cual es la última fecha con información disponible (Gráfico 5, panel A). Se puede observar que este comportamiento exuberante está asociado con un prolongado período de caída en los precios de la vivienda con respecto al indicador de arriendos.

Como se observa en el Gráfico 5 (paneles B y C) en ninguno de los mercados restantes hay evidencia de burbujas, ya que el estadístico BSADF permanece por debajo de sus valores críticos.

Gráfico 5
Pruebas de detección de burbujas para Portugal

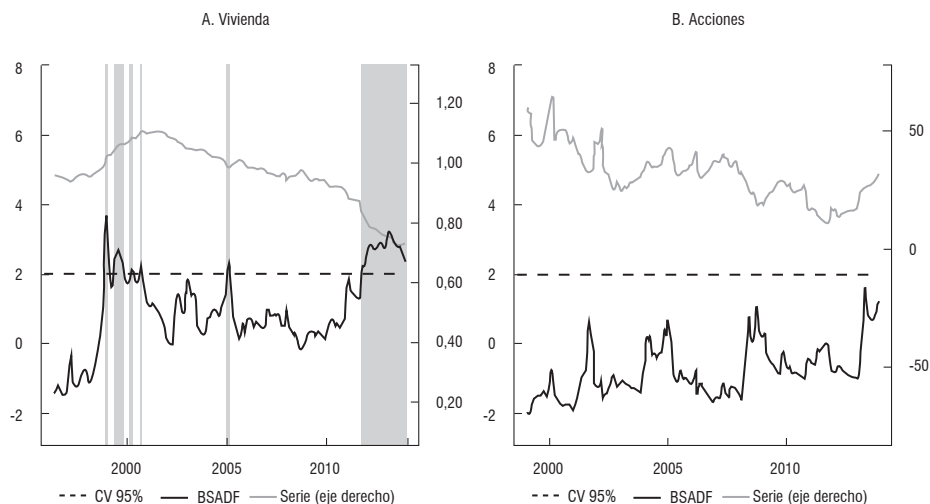
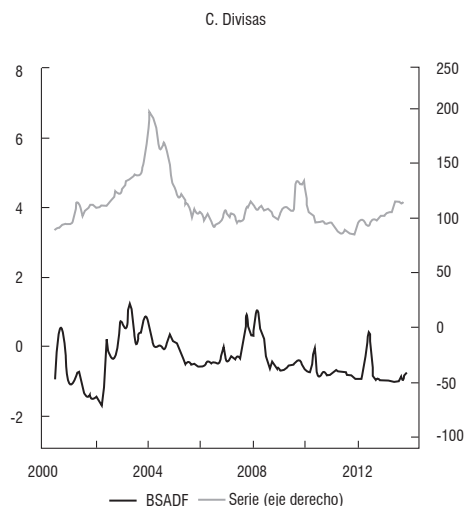


Gráfico 5 (continuación)
Pruebas de detección de burbujas para Portugal



Fuente: elaboración de los autores.

4.6 Corea del Sur

En el Cuadro 9 se observan los valores de la prueba GSADF para Corea del Sur. En los mercados de vivienda y de divisas se encuentra evidencia de burbujas al 99% de *significancia*. Sin embargo, en el mercado accionario no hay ninguna evidencia de comportamiento explosivo en el período estudiado (2002 a 2013).

Cuadro 9
Pruebas GSADF para Corea del Sur

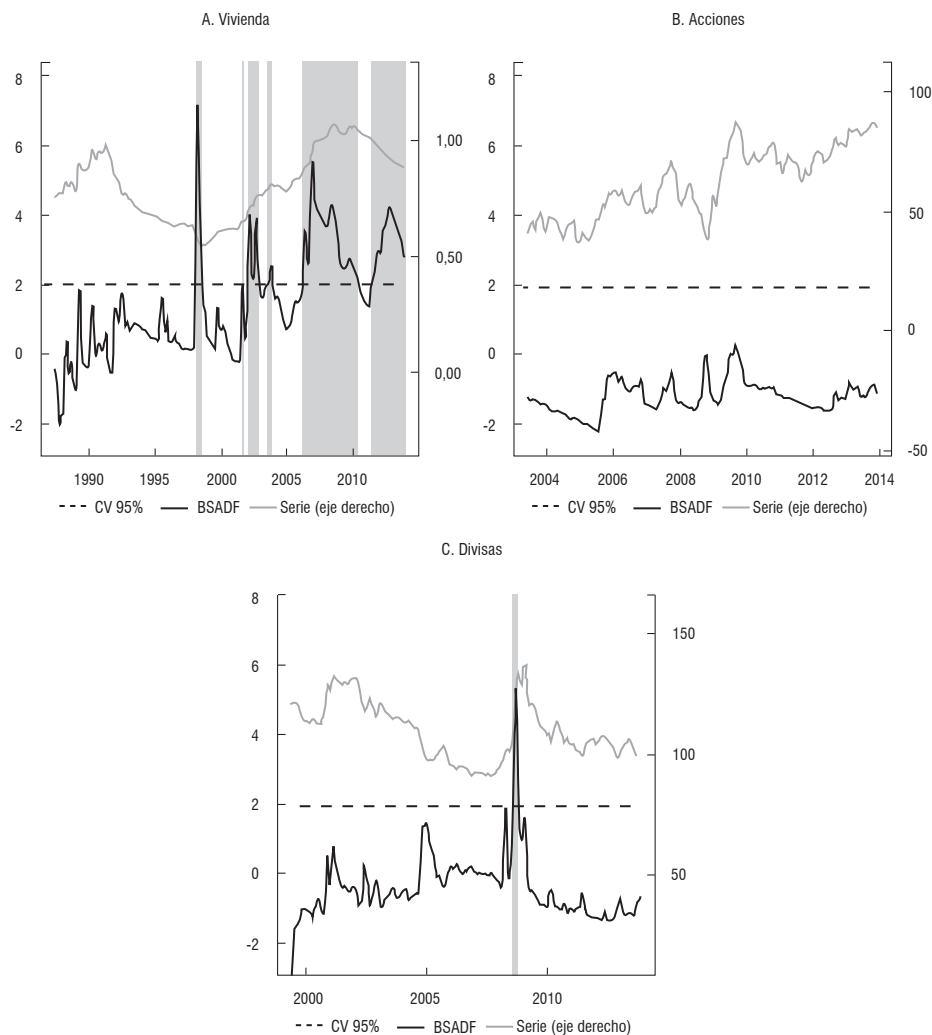
Mercado	Resultados de la prueba GSADF			
	Estadístico de prueba	CV 90%	CV 95%	CV 99%
Vivienda	7,183	2,271	2,561	3,078
Acciones	0,362	1,928	2,179	2,713
Divisas	5,330	1,969	2,180	2,949

Fuente: cálculos de los autores.

En el mercado de vivienda se encuentran siete episodios de comportamiento exuberante del precio de la vivienda. De estos episodios, el de mayor duración ocurre entre marzo de 2006 y junio de 2010 y corresponde a la parte final de un aumento paulatino en el precio relativo de la vivienda desde 1999 (Gráfico 6, panel A). Es importante señalar que se

identifica una burbuja negativa en este mercado a partir de junio de 2011, la cual todavía estaba vigente en la observación más reciente de la muestra (diciembre de 2013).

Gráfico 6
Pruebas de detección de burbujas para Corea del Sur



Fuente: elaboración de los autores.

En el panel B del Gráfico 6 se observa que el comportamiento del mercado accionario en Corea del Sur no indica fluctuaciones fuertes y persistentes en el indicador de precios sobre dividendos por lo que no se detecta ningún episodio de burbuja.

Las pruebas de migración de burbujas encuentran evidencia de que el episodio largo de burbuja de vivienda (2006-2010) influyó sobre el comportamiento exuberante observado en el mercado cambiario durante 2008, por cuanto los inversionistas probablemente intentaron recomponer su portafolio de inversión hacia inmuebles e inversiones en el exterior (véase el Anexo 2 para resultados de las pruebas de migración).

En el mercado cambiario de Corea del Sur se encuentra evidencia de un episodio de comportamiento explosivo entre septiembre y noviembre de 2008 (panel C del Gráfico 6), el cual está asociado con una fuerte depreciación de la moneda coreana. Este episodio coincide con la decisión del Banco de Corea de disminuir la tasa de interés de política monetaria en 325 puntos básicos como medida preventiva al impacto de la crisis financiera global sobre la economía, evento que pudo haber contribuido a la depreciación del won (Alp, Elekdag y Lall, 2011).

4.7 Canadá

De acuerdo con las pruebas GSADF, hay evidencia de comportamiento exuberante en los tres mercados estudiados en Canadá. Mientras que en el mercado de vivienda la evidencia es significativa al 99%, en el mercado de divisas lo es al 95% y en el mercado accionario solo al 90% (Cuadro 10).

Cuadro 10
Pruebas GSADF para Canadá

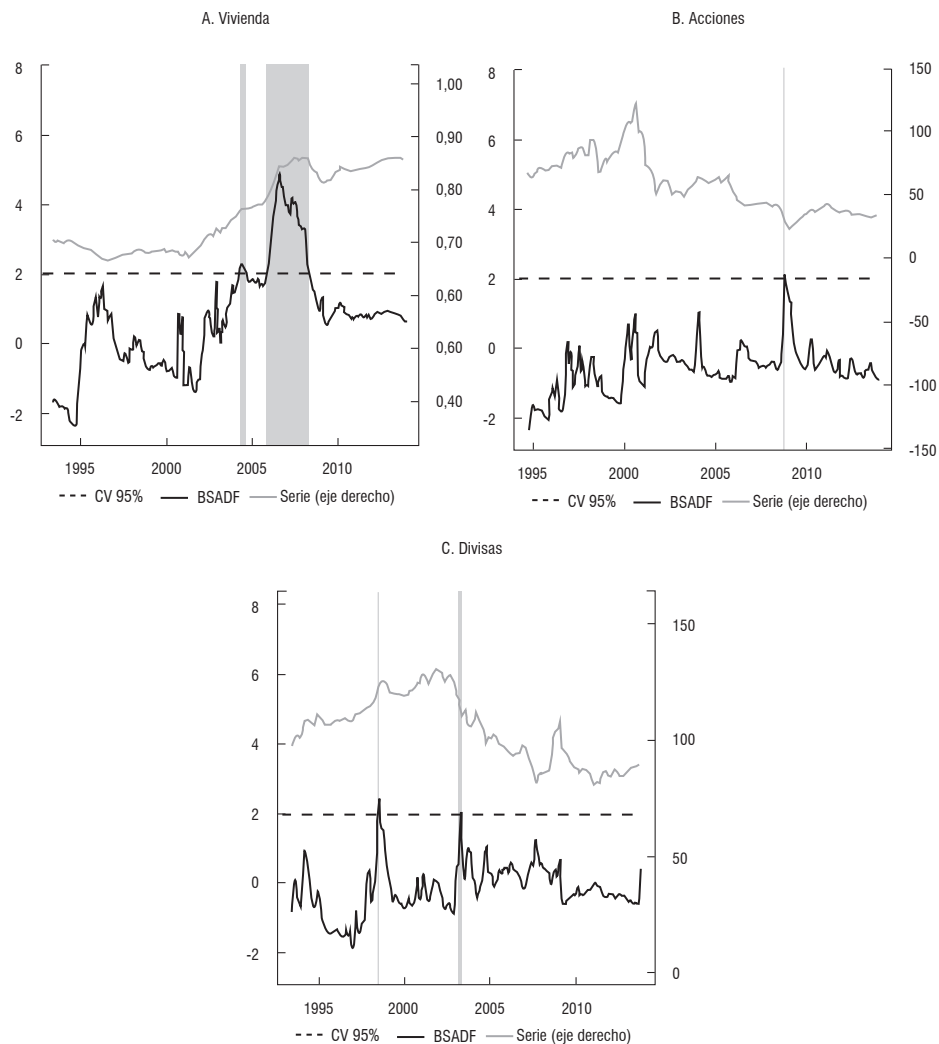
Resultados de la prueba GSADF				
Mercado	Estadístico de prueba	CV 90%	CV 95%	CV 99%
Vivienda	4,857	2,207	2,476	3,067
Acciones	2,191	2,173	2,429	3,048
Divisas	2,467	1,998	2,174	2,953

Fuente: cálculos de los autores.

En el mercado de vivienda se evidencian dos episodios de burbuja durante el período de análisis. La primera va de mayo a septiembre de 2004 y está asociada con un crecimiento en este indicador de precios que empieza en 2002, aunque no es tan pronunciado como en el caso del Reino Unido o los Estados Unidos. El segundo episodio de comportamiento exuberante tiene lugar de diciembre de 2005 a mayo de 2008. Este episodio incluye los últimos períodos de crecimiento y la primera parte de la caída del precio relativo de la vivienda asociada con la crisis financiera internacional (Gráfico 7).

Gráfico 7

Pruebas de detección de burbujas para Canadá



Fuente: elaboración de los autores

En el mercado accionario se detecta una burbuja negativa en octubre de 2008, la cual muy probablemente está asociada con la incertidumbre financiera y el nerviosismo en los mercados a causa de la quiebra de Lehman Brothers en septiembre de 2008.

En el mercado de divisas se detectan dos burbujas cortas. La primera ocurre en agosto de 1998 y está asociada con una depreciación del dólar canadiense (panel C del

Gráfico 7). El segundo episodio tiene lugar entre mayo y junio de 2003 y está asociado con el inicio de un período de apreciación del dólar canadiense, que duraría hasta 2009.

Las pruebas de migración de burbujas indican que la apreciación del tipo de cambio observada en la segunda burbuja cambiaria está asociada con el incremento de los precios de la vivienda que posteriormente se detectaron como exuberantes a finales de 2005 — véase el Anexo 2 para resultados detallados de la prueba de migración—.

5. CONCLUSIONES

En este capítulo se aplican pruebas de detección de burbujas a los precios de tres mercados de activos en siete países. Los activos considerados son vivienda, acciones y divisas, los cuales se caracterizan por tener episodios de alta volatilidad. Los países considerados son: Colombia, Holanda, el Reino Unido, Sudáfrica, Portugal, Corea del Sur y Canadá. Estos países tienen en común el contar con series mensuales de precios de vivienda lo suficientemente largas como para emplear la metodología de Phillips, Shi y Yu (2012) para detección de burbujas.

Adicionalmente a la detección, también se emplean pruebas econométricas para detectar episodios de migración de burbujas entre mercados de activos de un mismo país. Estas pruebas están basadas en Phillips y Yu (2011), quienes encuentran que al colapsar la burbuja de vivienda en los Estados Unidos en 2007, hubo transmisión hacia el mercado de bonos y de *commodities*. La razón de esta migración es que los inversionistas buscan activos de refugio ante expectativas de caídas en precios de las viviendas.

Hemos identificado cuatro conclusiones principales a partir de nuestros resultados empíricos. En primer lugar, en el mercado de vivienda de todos los países estudiados ocurren episodios de burbujas (cinco en promedio), lo cual indica que este es el mercado más vulnerable a este tipo de comportamientos. Segundo, aunque existe evidencia de burbujas en el mercado accionario en la mayoría de países (cuatro de siete), estos episodios son en promedio muy cortos, con duraciones típicas de uno o dos meses. En tercer lugar, también existe evidencia de comportamiento explosivo en el mercado de divisas en la mayoría de países (cuatro de siete) con duraciones promedio un poco más largas que en el mercado accionario (tres meses). Estos resultados indican que los mercados accionarios y de divisas funcionan con relativamente buena información y los inversionistas reaccionan rápido ante las noticias.

La cuarta conclusión está relacionada con la importante evidencia que se encuentra de migración de burbujas dentro de los países. De los cinco casos encontrados, tres se refieren a migraciones desde el mercado de vivienda hacia alguno de los otros dos mercados. En Sudáfrica se detectaron dos de estos casos en los cuales el auge de los precios de la vivienda influye en la misma dirección a los otros mercados.

También, cabe anotar que las pruebas de migración de burbujas se hicieron entre los diferentes mercados de un mismo país; sin embargo, en un contexto de alta movilidad de capitales las burbujas podrían contagiarse entre los mercados de países con características similares. Trabajos posteriores podrían evaluar la existencia o no de migración de burbujas entre regiones, con un énfasis particular en las economías con mayores flujos de capi-

tales, las cuales podrían tener un impacto alto en el comportamiento de los mercados en países en desarrollo, como Colombia.

REFERENCIAS

- Alp, H.; Elekdag, S.; Lall, S. (2011). “Did Korean Monetary Policy Help Soften the Impact of the Global Financial Crisis of 2008–09?”, working paper, núm. 12/5, FMI.
- Bettendorf, T.; Chen, W. (2012). “Are There Bubbles in the Sterling-dollar Exchange Rate? New Evidence from Sequential ADF Tests”, discussion paper: Economics, núm. 2012/21, Freie Universität Berlin.
- Diba, B.; Grossman, H. (1988). “Explosive Rational Bubbles in Stock Prices”, *American Economic Review*, núm. 78, pp. 520-530.
- Evans, G. (1991). “Pitfalls in Testing for Explosive Bubbles in Asset Prices”, *American Economic Review*, núm. 81, pp. 922-930.
- Gomez, J.; Ojeda, J.; Rey, C.; Sicard, N. (2013). “Testing for Bubbles in Housing Markets: New Results Using a New Method”, working paper, núm. 164, Federal Reserve Bank of Dallas, The Globalization and Monetary Policy Institute.
- Gurkaynak, R. (2008). “Econometric Tests of Asset- Price Bubbles: Taking Stock”, *Journal of Economic Surveys*, vol. 22, núm. 1, pp. 166-186.
- Hernández, G.; Piraquive, G. (2014). “Evolución de los precios de la vivienda en Colombia”, Archivos de Economía, núm. 407, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá D. C.
- Ilzetzki, E.; Reinhart, C.; Rogoff, K. (2008). “The Country Chronologies and Background Material to Exchange Rate Arrangements in the 21st Century: Which Anchor Will Hold? [en línea]” (mimeo), disponible en http://personal.lse.ac.uk/ilzetzki/data/ERA-Country_Chronologies_2011.pdf.
- FMI (2003). “South Africa: 2002 Article IV Consultation”, *IMF Country Report*, núm. 03/17.
- FMI (2009a). “United Kingdom: 2009 Article IV Consultation”, *IMF Country Report*, núm. 09/212.
- FMI (2009b). “South Africa: 2009 Article IV Consultation”, *IMF Country Report*, núm. 09/273.
- FMI (2013). “Kingdom of the Netherlands: 2013 Article IV Consultation”, *IMF Country Report*, núm. 13/115.
- Kranendonk, H.; Verbruggen, J. (2008). “Are Houses Overvalued in the Netherlands?”, CPB Memorandum núm. 200, Centraal Plan Bureau.
- Levy-Yeyati, E.; Sturzenegger, F. (2005). “Classifying Exchange Rate Regimes: Deeds vs. Words”, *European Economic Review*, núm. 49, pp. 1603-1635.
- Maldonado, W.; Tourinho, O.; Valli, M. (2012). “Exchange Rate Bubbles: Fundamental Value Estimation and Rational Expectations Test”, *Journal of International Money and Finance*, núm. 31, pp. 1033-1059.
- Pavlidis, E.; Yusupova, A.; Paya, I.; Peel, D.; Martínez-García, E.; Mack, A.; Grossman, V. (2014). “Monitoring Housing Markets for Episodes of Exuberance: an Application of the Phillips *et al.* (2012, 2013) GSADF Test on the Dallas Fed International

- House Price Database”, working paper, núm. 165, Federal Reserve Bank of Dallas, Globalization and Monetary Policy Institute.
- Phillips, P. C. B.; Wu, Y.; Yu, J. (2011). “Explosive Behavior in the 1990s Nasdaq: When did Exuberance Escalate Asset Values?”, *International Economic Review*, núm. 52, pp. 201-226.
- Phillips, P. C. B.; Yu, J. (2011). “Dating the Timeline of Financial Bubbles During the Subprime Crisis”, *Quantitative Economics*, núm. 2, pp. 455-491.
- Phillips, P. C. B.; Shi, S.; Yu, J. (2012). “Testing for Multiple Bubbles”, discussion paper, núm. 1843, Cowles Foundation.
- Salazar, N.; Steiner, R.; Becerra, A.; Ramírez, J. (2013). “Los efectos del precio del suelo sobre el precio de la vivienda para Colombia”, *Ensayos Sobre Política Económica*, vol. 31, núm. 70.
- Taipalus, K. (2012). “Detecting Asset Price Bubbles with Time-Series Methods”, *Scientific Monograph*, núm. E:47, Bank of Finland.
- Yiu, M.; Yu, J.; Jin, L. (2013). “Detecting Bubbles in Hong Kong Residential Property Market”, *Journal of Asian Economics*, vol. 28, pp. 115-124.

ANEXO 1

Cuadro A1.1
Resumen de resultados por país

Colombia			
Mercado	Período de análisis	Número de burbujas	Fecha de las burbujas
Vivienda	enero de 1994 a diciembre de 2013	5	julio de 1996 a octubre de 1996; enero de 2007 a marzo de 2007; mayo de 2007; abril de 2012; junio de 2012 a diciembre de 2013
Acciones	abril de 2003 a diciembre de 2013	2	enero de 2006; octubre de 2010 a noviembre de 2010
Tasa de cambio	enero de 1994 a diciembre de 2013	0	n. a.
Sudáfrica			
Mercado	Período de análisis	Número de burbujas	Fecha de las burbujas
Vivienda	enero de 1981 a diciembre de 2013	7	agosto de 1984 a febrero de 1987; mayo de 199 a junio de 1991; noviembre de 1997 a diciembre de 1997; abril de 1998; febrero de 2000 a marzo de 2000; junio de 2001 a junio de 2002; febrero de 2003 a junio de 2010
Acciones	octubre de 2002 a diciembre de 2013	1	octubre de 2008 a noviembre de 2008
Tasa de cambio	enero de 1996 a diciembre de 2013	2	julio de 1998; octubre de 2001 a febrero de 2002
Inglaterra			
Mercado	Período de análisis	Número de burbujas	Fecha de las burbujas
Vivienda	enero de 1988 a diciembre de 2013	9	octubre de 1999; diciembre de 1999 a mayo de 2000; septiembre de 2000; julio de 2001 a septiembre de 2001; noviembre de 2001 a junio de 2006; agosto de 2006 a noviembre de 2006; febrero de 2007 a octubre de 2007; diciembre de 2007; julio de 2008 a abril de 2009
Acciones	mayo de 1993 a abril de 2013	0	n. a.
Tasa de cambio	enero de 1990 a diciembre de 2013	1	octubre de 2008 a marzo de 2009

Cuadro A1.1 (continuación)
Resumen de resultados por país

Holanda			
Mercado	Período de análisis	Número de burbujas	Fecha de las burbujas
Vivienda	enero de 1996 a diciembre de 2013	2	mayo de 1999 a diciembre de 2000; noviembre de 2011 a diciembre de 2013
Acciones	junio de 1993 a diciembre de 2013	1	julio de 1997
Tasa de cambio	enero de 1999 a diciembre de 2013	0	n. a.
Canadá			
Mercado	Período de análisis	Número de burbujas	Fecha de las burbujas
Vivienda	enero de 1981 a diciembre de 2013	2	mayo de 2004 a septiembre de 2004; diciembre de 2005 a mayo de 2008
Acciones	mayo de 1993 a diciembre de 2013	1	octubre de 2008
Tasa de cambio	enero de 1992 a diciembre de 2013	2	agosto de 1998; mayo de 2003 a junio de 2003
Portugal			
Mercado	Período de análisis	Número de burbujas	Fecha de las burbujas
Vivienda	enero de 2000 a diciembre de 2013	6	enero de 1999 a febrero de 1999; junio de 1999 a noviembre de 1999; abril de 2000 a mayo de 2000; octubre de 2000; febrero de 2005 a marzo de 2005; octubre de 2011 a diciembre de 2013
Acciones	septiembre de 1997 a abril de 2013	0	n. a.
Tasa de cambio	enero de 1991 a diciembre de 2013	0	n. a.
Corea			
Mercado	Período de análisis	Número de burbujas	Fecha de las burbujas
Vivienda	enero de 1986 a diciembre de diciembre de 2013	7	marzo de 1998 a julio de 1998; septiembre de 2001; febrero de 2002 a mayo de 2002; julio de 2002 a diciembre de 2002; agosto de 2003 a noviembre de 2003; marzo de 2006 a junio de 2010; junio de 2011 a diciembre de 2013
Acciones	enero de 2002 a diciembre de 2013	0	n. a.
Tasa de cambio	enero de 1998 a diciembre de 2013	1	septiembre de 2008 a noviembre de 2008

n.a.: no aplica.

Fuente: elaboración de los autores.

ANEXO 2

Cuadro A1.2
Resultados pruebas de migración

Sudáfrica	De vivienda a divisas
Burbuja inicial	junio de 2001 a junio de 2002
Burbuja final	octubre de 2001 a febrero de 2002
Factor a	Prueba de significancia
1/3	-83.149,65***
1	-27.716,55***
3	-9.238,85***
Sudáfrica	De vivienda a acciones
Burbuja inicial	febrero de 2003 a junio de 2010
Burbuja final	octubre de 2008 a noviembre de 2008
Factor a	Prueba de Significancia
1/3	-17,784***
1	-5,928***
3	-1,976**
Corea del Sur	De vivienda a divisas
Burbuja inicial	marzo de 2006 a junio de 2010
Burbuja final	septiembre de 2008 a noviembre de 2008
Factor a	Prueba de significancia
1/3	-344.921,95***
1	-114.973,98***
3	-38.324,66***
Holanda	De acciones a vivienda
Burbuja inicial	julio de 1997
Burbuja final	mayo de 1999 a diciembre de 2000
Factor a	Prueba de significancia
1/3	-1,450*
1	-0,483
3	-0,161
Canadá	De divisas a vivienda
Burbuja inicial	mayo de 2003 a junio de 2003
Burbuja final	mayo de 2004 a septiembre de 2004
Factor a	Prueba de significancia
1/3	-4,054***
1	-1,351**
3	-0,45

Nota: ***, **, * son significativos al 99%, 95% y 90%, respectivamente.

Fuente: elaboración de los autores.

13. DESEMPEÑO DE LAS EMPRESAS EN COLOMBIA: EFECTO DE LA VOLATILIDAD Y DEL DESALINEAMIENTO DE LA TASA DE CAMBIO REAL

**Ana María Iregui B.
Luis Fernando Melo V.
María Teresa Ramírez G.
Carmen Cecilia Delgado R.***

Las fluctuaciones de la tasa de cambio real (TCR) pueden afectar el desempeño de las firmas, especialmente de aquellas involucradas en el comercio internacional, con vínculos con entidades financieras del exterior y/o endeudadas en moneda extranjera. Teóricamente, estos resultados son ambiguos y dependerían del efecto que domine en la empresa: el competitivo o el de hoja de balance. Además, la relación entre las fluctuaciones de la tasa de cambio y el resultado de las empresas también podría depender del nivel de acceso al mercado financiero de las firmas.

Específicamente, Caglayan y Demir (2014) identifican cuatro canales mediante los cuales la incertidumbre de la tasa de cambio podría afectar a las firmas: i) alterando los costos relativos de producción; ii) reduciendo la disponibilidad de crédito del sistema bancario; iii) causando un efecto de hoja de balance negativo; y iv) con su interacción con otras variables claves, que podrían magnificar su efecto. Por tanto, para poder extraer conclusiones sobre esta relación, se debe acudir a estudios empíricos, pero en última instancia el efecto de la incertidumbre de la tasa de cambio real dependerá de las características de las empresas.

En Colombia la literatura que analiza la relación entre la tasa de cambio y el desempeño de las empresas ha sido relativamente escasa. En particular, Birchenall (1997) estudia la relación entre las decisiones de inversión de trescientas empresas colombianas

* Los autores son, en su orden, investigadora principal de la Unidad de Investigaciones, econometrista principal de la Unidad de Econometría, investigadora principal de la Unidad de Investigaciones y estudiante en práctica de la Unidad de Investigaciones, del Banco de la República. Agradecen de manera especial a Carolina Arteaga, Rocio Betancourt, Carolina Gómez, Jair Ojeda, Enrique López, Carlos Pombo, Jorge Toro, Hernando Vargas y al evaluador anónimo por sus sugerencias y comentarios. También, a Andrés Eduardo Jiménez por su colaboración. Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

entre 1985 y 1995, y la incertidumbre ocasionada por variables macroeconómicas. El autor encuentra que la incertidumbre en la devaluación afecta positivamente la inversión, con su efecto sobre el precio del capital, debido a “[...] que las compras de capital les permite protegerse de la incertidumbre una vez han formado sus expectativas de devaluación (p. 190)”. Echeverry *et al.* (2003) examinan el efecto de las variaciones de la TCR sobre la inversión y las ganancias de las firmas endeudadas en dólares, así como los determinantes del endeudamiento externo durante el período 1995-2001, para cerca de 8.000 firmas que reportan sus estados financieros a la Superintendencia de Sociedades. Los autores encuentran un efecto de hoja de balance negativo sobre la rentabilidad de las empresas. Además, el tamaño de las empresas es el determinante más significativo del endeudamiento en dólares.

Por su parte, Echavarría y Arbeláez (2005) evalúan el impacto de la devaluación sobre la inversión y el crecimiento en Colombia, utilizando una base de datos por firma para el período 1995-2002. Sus resultados sugieren que las devaluaciones reales posteriores a 1997 tuvieron efectos positivos sobre el desempeño y la actividad de las firmas (inversión, ventas y utilidades). En particular, el efecto competitivo dominó el efecto riqueza negativo sobre el balance de las empresas endeudadas.

Arbeláez, Steiner y Salamanca (2010) estudian el efecto de la TCR sobre las ganancias e inversión de las empresas y los determinantes de la composición de su deuda, durante el período 1997-2008. Los autores encuentran que variaciones en la TCR no tienen un efecto directo sobre la inversión. Sin embargo, las firmas se benefician de devaluaciones y son afectadas de manera negativa por una apreciación de la tasa de cambio real.

Finalmente, Kandilov y Leblebicioglu (2011) estiman el impacto de la incertidumbre de la TCR sobre la inversión de las empresas en la industria manufacturera colombiana durante el período 1981-1987, encontrando un efecto negativo entre estas dos variables. Los autores también muestran que este efecto es mitigado en establecimientos con un alto *mark-up* o exportaciones mientras que es exacerbado en aquellas plantas con bajo *mark-up* y un gran volumen de importaciones de bienes intermedios.

El objetivo de este artículo es explorar empíricamente el vínculo entre la volatilidad y el desalineamiento de la TCR con el desempeño de las empresas en Colombia durante el período 2000-2011. En particular, se analizará su efecto sobre las ventas externas, el crecimiento de la productividad, la inversión y las ganancias de 4.871 empresas que reportan sus estados financieros a la Superintendencia de Sociedades. Esta información se enriqueció con la base de datos de deuda en moneda extranjera, comercio internacional y coberturas cambiarias proveniente del Banco de la República.

A diferencia de los trabajos reseñados, en este documento se incluirá una medida de desalineamiento de la TCR de su nivel de largo plazo, en lugar del nivel de la misma. Estos desalineamientos podrían reflejar la formación de desbalances macroeconómicos, los cuales afectarían negativamente la estabilidad económica (véase Arteaga *et al.*, 2013). Además, con el fin de capturar la incertidumbre que pueden enfrentar los agentes y su efecto sobre el desempeño de las firmas, también incluiremos la volatilidad de la TCR,

que ha sido poco explorada en los estudios para Colombia¹. En general, aquellos utilizan como medidas de desempeño de las firmas principalmente la inversión y las utilidades. En este estudio se considerarán también las ventas externas y el crecimiento de la productividad de las empresas.

Este capítulo consta de tres secciones, además de esta introducción. En la primera se describe la base de datos utilizada y se caracterizan las empresas incluidas en la muestra. En la segunda, se presentan las estimaciones y los resultados. La última sección expone las principales conclusiones.

1. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS Y CARACTERIZACIÓN DE LAS EMPRESAS

Recientemente, ha surgido la preocupación por el efecto que la tasa de cambio y sus movimientos puedan tener sobre el funcionamiento de la economía. En la literatura se ha reconocido que la tasa de cambio y su volatilidad pueden afectar el sector real de la economía mediante diferentes canales, bien sea por su efecto sobre las exportaciones, las importaciones, o sobre el costo de financiamiento de las firmas, entre otros. Además, la volatilidad se asocia con la noción de riesgo, por lo que su efecto sobre la actividad económica dependerá del grado de aversión al riesgo de los agentes². Como lo mencionan Aghion *et al.* (2009), la extensa literatura empírica sobre tasa de cambio encuentra que el efecto de la volatilidad de esta variable sobre la actividad real de la economía es pequeño o insignificante.

En esta investigación se utiliza una base de datos muy detallada para un gran número de firmas, que combina información proveniente de la Superintendencia de Sociedades y del Banco de la República para el período 2000-2011. En cuanto a la información de la superintendencia, se utilizó el Sistema de Información y Riesgo Empresarial (Sirem), el cual contiene información de balances, estados de resultados y flujo de efectivo de las empresas que están sometidas a su inspección y vigilancia³. La información anterior se combinó con la base de datos por empresa, la cual relaciona su comercio exterior, deuda en moneda extranjera y coberturas cambiarias del Banco de la República. También, se utilizó información macroeconómica, como la tasa de cambio real, calculada por el Banco de la República; el producto interno bruto (PIB) sectorial, calculado a partir del PIB por ramas de actividad económica que publica el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), y el PIB de los socios comerciales, cuya fuente es el Fondo Monetario Internacional⁴.

1 Si bien Kandilov y Leblebicioglu (2011) consideran la volatilidad de la TCR como determinante de la inversión de las empresas, su muestra únicamente incluye la industria manufacturera y su período de análisis es 1981-1987. Por su parte, Birchenall (1997) considera la volatilidad de la devaluación como determinante de la inversión de trescientas empresas colombianas durante el período 1985-1995.

2 Para más detalles véase, por ejemplo, De Grauwe (1988), Arize (1999) y Caglayan y Muñoz (2011).

3 Véase <http://sirem.supersociedades.gov.co/Sirem2/>.

4 Para las estadísticas descriptivas, definición y fuentes de las variables utilizadas en las estimaciones, véase el Anexo 2.

La base de datos resultante consta de 4.871 empresas⁵, que tenían la información completa para todo el período de estudio⁶. Estas empresas pertenecen principalmente a los sectores de manufacturas (30,7%), comercio (27,5%) y agricultura (10,4%). Del total de empresas, el 62,7% son grandes, 25,3% son medianas y el 12% restante son pequeñas⁷. Las firmas están registradas en Bogotá (57,5%), Medellín (12,9%), Cali (11,5%), Barranquilla (4,5%), y el 13,6% en el resto del país⁸. También, vale la pena mencionar que el 43% de estas empresas son exportadoras, mientras que el 66% son importadoras.

En cuanto a las coberturas cambiarias, cerca del 30% de las empresas de la muestra alguna vez ha pactado contratos *forward*, bien sea de compra o de venta; por otra parte, 28% de las empresas de la muestra tiene participación extranjera, que en promedio representa el 74% de su capital.

Otra variable que podría afectar el desempeño de las empresas es su endeudamiento, tanto en moneda extranjera como en moneda corriente. En promedio, para todas las empresas de la muestra, la deuda en moneda extranjera equivale a un 10% de su deuda total. Es importante mencionar que el 45% de las empresas consideradas ha tenido deuda en moneda extranjera durante el período de estudio; esta deuda representa, en promedio, el 36% de su deuda total. Adicionalmente, la deuda en moneda extranjera equivale, en promedio, al 2% de los activos totales de las empresas de toda la muestra. Este porcentaje asciende al 9,5% si se consideran únicamente aquellas empresas endeudadas en moneda extranjera.

La estimación de la serie de la volatilidad de la tasa de cambio real se realizó a partir de un modelo GARCH(1,1) sobre el cambio logarítmico del índice de la tasa de cambio real (utilizando como deflactor el índice de precios al consumidor: IPC) en frecuencia mensual. Posteriormente, siguiendo la metodología propuesta por Drost y Nijman (1995), la serie se agregó a frecuencia anual. Como prueba de robustez se utilizó una medida alternativa de volatilidad con base en la metodología *RiskMetrics* de Sbrana y Silvestrini (2013), para datos agregados temporalmente. Cabe resaltar que los resultados son cualitativamente similares⁹.

El Gráfico 1 ilustra la evolución de esta variable durante el período de análisis, observándose una reducción de la volatilidad a partir de la segunda mitad de la década.

5 De la base inicial se excluyeron las microempresas, las empresas liquidadas y canceladas, las entidades del gobierno nacional, departamental y municipal, y aquellas empresas que no tenían información completa para el período de estudio.

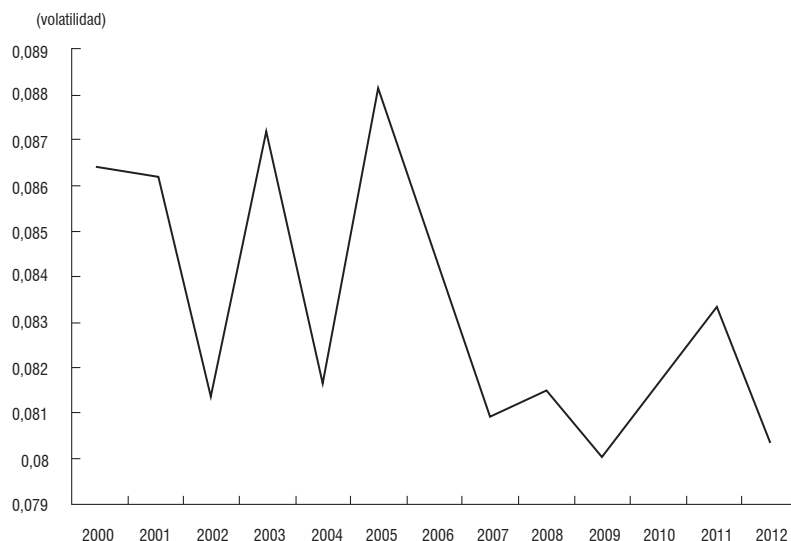
6 Es importante mencionar que la base de datos incluye únicamente las empresas que están vigentes durante todo el período; por tanto, los resultados solamente aplican a las empresas incluidas en la muestra.

7 El tamaño de las firmas se determinó con base en el valor de sus activos, de acuerdo con la Ley 905 de 2004.

8 Véase el Anexo 1 para más detalles sobre la elaboración de la base de datos.

9 Los resultados no se reportan en el documento, pero están disponibles a petición. Adicionalmente, para las dos metodologías se utilizó como deflactor alternativo el índice de precios al productor; los resultados son cualitativamente similares.

Gráfico 1
Volatilidad de la tasa de cambio real



Fuente: cálculo de los autores.

Finalmente, el desalineamiento de la TCR se tomó de una estimación interna del Banco de la República. Esta variable toma el valor de 1 si la tasa de cambio se encuentra desalineada y 0 cuando no hay desalineamiento.

2. ESTIMACIONES Y RESULTADOS

En esta sección se estima el efecto del desalineamiento y de la volatilidad de la tasa de cambio real, así como de características propias de las empresas, sobre el desempeño de una muestra de firmas colombianas. Este desempeño se mide en términos de las ventas externas, el crecimiento de la productividad, la tasa de inversión y la tasa de ganancias de las firmas.

2.1. Ventas externas

El análisis del impacto de la volatilidad de la tasa de cambio real sobre las exportaciones ha sido generalmente estudiado en el campo de la macroeconomía, encontrando que esta relación es ambigua. Algunos autores encuentran que la volatilidad de la tasa de cambio tiende a reducir las exportaciones (véase, por ejemplo, Pozo, 1992; Chowdhury, 1993; Sukar y Hassan, 2001; Mustafa y Nishat, 2004; Aurangzeb *et al.*, 2005; Choudhry, 2005; Arize *et al.*, 2008; Aliyu, 2010, y Chit *et al.*, 2010). Por el contrario, otros

hallan una relación positiva (McKenzie, 1998; Arize, 1999; Arize *et al.*, 2003, y Baum y Caglayan, 2006), mientras que en algunos trabajos la relación es débil o no significativa (Dell’Ariccia, 1999; Gonzaga y Terra, 1997; Baum y Caglayan, 2010; Serenis *et al.*, 2008, y Sauer y Bohara, 2001). Adicionalmente, Sekkat y Varoudakis (2000), Jongwanich (2009), y Nicita (2013) consideran no solo la volatilidad de la tasa de cambio, sino también el efecto del desalineamiento de esta sobre las exportaciones; los autores encuentran que estas variables afectan negativamente las exportaciones.

En Colombia los estudios que incorporan la volatilidad como determinante de las exportaciones no tradicionales no son concluyentes. Por un lado, Echavarría (1982), Caballero y Corbo (1989), Alonso (1993), Arize *et al.* (2003) y Arize *et al.* (2008) sugieren que volatilidad de la tasa de cambio real tiene un efecto negativo sobre las exportaciones, aunque con un coeficiente pequeño. Por otro lado, para Steiner y Wüllner (1994) y Misas *et al.* (2001) la volatilidad de la tasa de cambio real no es un determinante de dichas exportaciones. Por último, Serenis (2013) encuentra una relación negativa y significativa entre la volatilidad de la tasa de cambio y las exportaciones totales.

Por firma, los estudios que examinan el efecto de la volatilidad de la tasa de cambio real sobre las exportaciones son escasos, debido principalmente a la poca disponibilidad de información. Dentro de esta literatura se encuentran Héricourt y Poncet (2013), quienes exploran cómo las exportaciones de las empresas en China se ven afectadas por la volatilidad de la tasa de cambio real, teniendo en cuenta la existencia de restricciones financieras. Los autores encuentran un efecto negativo de la volatilidad sobre las exportaciones, especialmente en aquellas empresas financieramente vulnerables. Por el contrario, los resultados de Solakoglu *et al.* (2008) para Turquía indican que la volatilidad de la tasa de cambio no tiene un efecto adverso sobre las exportaciones. Cheung y Sengupta (2013) examinan simultáneamente el efecto de la volatilidad y de las variaciones de la tasa de cambio real sobre la relación exportaciones/ventas de una muestra de empresas no financieras de la India, encontrando un efecto negativo de la volatilidad y de apreciaciones de la tasa de cambio. Para el caso de Colombia no se hallaron estudios que explícitamente analicen esta relación por firma.

En esta sección se explora cómo las ventas externas de las firmas pueden ser afectadas por la volatilidad y el desalineamiento de la tasa de cambio real. Se analiza, también, si las firmas que se cubren de riesgo cambiario presentan mayores ventas externas. Con este fin se estiman las siguientes especificaciones que, además de incluir características propias de las firmas, incorporan variables utilizadas en modelos estándar de comercio internacional¹⁰. En particular, la primera especificación considera el efecto de la volatilidad de la tasa de cambio sobre las ventas externas; la segunda determina la incidencia del desalineamiento, y la tercera incorpora de manera simultánea las dos variables, incluyendo la interacción entre ambas, entre la deuda en moneda extranjera y el uso de coberturas cambiarias, y entre la deuda en moneda extranjera y el desalineamiento de la tasa de cambio.

$$X_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 ITCR_t + \beta_2 e_t + \beta_3 PE_{i,t-1} + \beta_4 DD_{i,t-1} + \beta_5 DX_{i,t-1} + \beta_6 (DX_{i,t-1} * e_t)$$

10 Véase, por ejemplo, Cheung y Sengupta (2013) y Héricourt y Poncet (2013).

$$+ \beta_7 DH_{ventas\ i,t-1} + \beta_8 GPIBsocios_t + \beta_9 DSector_i + \beta_{10} DCiudad_i + \beta_{11} DTamaño_i + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$X_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 ITCR_t + \beta_2 DQ_t + \beta_3 PE_{i,t-1} + \beta_4 DD_{i,t-1} + \beta_5 DX_{i,t-1} + \beta_6 DH_{ventas\ i,t-1} + \beta_7 GPIBsocios_t + \beta_8 DSector_i + \beta_9 DCiudad_i + \beta_{10} DTamaño_i + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$X_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 ITCR_t + \beta_2 e_t + \beta_3 DQ_t + \beta_4 (e_t \times DQ_t) + \beta_5 PE_{i,t-1} + \beta_6 DD_{i,t-1} + \beta_7 DX_{i,t-1} + \beta_8 (DX_{i,t-1} \times e_t) + \beta_9 DX_{i,t-1} \times DH_{ventas\ i,t-1} + \beta_{10} (DX_{i,t-1} \times DQ_t) + \beta_{11} DH_{ventas\ i,t-1} + \beta_{12} GPIBsocios_t + \beta_{13} DSector_i + \beta_{14} DCiudad_i + \beta_{15} DTamaño_i + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

Donde $X_{i,t}$ corresponde a las ventas externas de las empresas sobre el total de activos; $ITCR_t$ es el logaritmo de la tasa de cambio real; e_t es la volatilidad de la tasa de cambio real; DQ_t es el desalineamiento de la tasa de cambio real; $PE_{i,t-1}$ es el porcentaje de participación extranjera en el capital de la empresa; $DX_{i,t-1}$ y $DD_{i,t-1}$ son la participación de la deuda en moneda extranjera y de la deuda en moneda corriente en el total de activos, respectivamente; $DH_{ventas\ i,t-1}$ corresponde a una *dummy* que toma el valor de 1 en el año en que la firma i se encuentra cubierta de riesgo cambiario¹¹; $GPIBsocios_t$ es el crecimiento del PIB de los socios comerciales de Colombia¹², como *proxy* de la demanda externa. Por su parte, $DSector_i$, $DCiudad_i$ y $DTamaño_i$ corresponden a las variables dicótomas de sector económico, ciudad y tamaño de cada empresa, respectivamente. Se introduce en las estimaciones la interacción entre la deuda en moneda extranjera y la volatilidad de la tasa de cambio real con el fin de determinar si esta última tiene un efecto adicional sobre las empresas que están endeudadas en moneda extranjera (Bleakley y Cowan, 2008).

El modelo se estima por medio de un panel con efectos aleatorios y errores estándar robustos. Es importante mencionar que en la tercera especificación, columna 3, la interpretación de algunos coeficientes se debe realizar a partir de una derivada parcial. Este cálculo es más complejo debido a las no linealidades generadas por la presencia de interacciones¹³. Las derivadas parciales de la variable dependiente con respecto a las independientes, que antes eran constantes (cuando no se consideraban interacciones), van a depender en este caso de otras variables. Esta derivada generalmente es evaluada en un valor, como la media o la mediana. Sin embargo, para ser más rigurosos, en lo posible, se evaluará a lo largo del rango observado de las variables.

11 Para abordar el problema de la posible endogeneidad entre el uso de coberturas y las ventas externas se optó por rezagar la variable.

12 La serie de crecimiento del PIB de socios comerciales se calcula con base en la ponderación de exportaciones no tradicionales de Colombia y representan el 91% de las exportaciones no tradicionales del país. Los socios comerciales son: Alemania, Antigua y Barbuda, Argentina, Bélgica, Belice, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Costa Rica, Dinamarca, Ecuador, El Salvador, España, Estados Unidos, Francia, Grecia, Guatemala, Guyana, Holanda (Países Bajos), Honduras, Irlanda (Eire), Italia, Jamaica, Japón, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, Reino Unido, República Popular de China, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y Las Granadinas, Santa Lucía, Suecia, Suiza, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

13 Este análisis debe hacerse considerando tanto las variables individuales como sus interacciones, y no debe interpretarse cada coeficiente por separado.

Por ejemplo, en el caso de la volatilidad de la TCR, el efecto sobre las ventas externas sería calculado de la siguiente manera:

$$E\left[\frac{\partial X_{i,t}}{\partial e_t} \frac{1}{2} DQ_t, DX_{i,t-1}\right] = \beta_2 + \beta_4 DQ_t + \beta_8 DX_{i,t-1} \quad (4)$$

Este efecto dependería de los coeficientes asociados con la volatilidad de la TCR y con sus interacciones con el desalineamiento de la TCR y con la deuda en moneda extranjera. En este caso, ninguno de los coeficientes es significativo, lo que indica que no existe un efecto de la volatilidad de la TCR sobre las ventas externas (Cuadro 1, columna 3). Vale la pena mencionar que en la especificación 1, cuando se considera únicamente la volatilidad, tampoco se encuentra un efecto sobre las ventas externas de las firmas (Cuadro 1, columna 1).

Cuadro 1
Regresión de ventas externas: panel con efectos aleatorios

Cuadro 1			
Regresión de ventas externas: panel con efectos aleatorios			
Variables	1	2	3
Constante	0,0466 0,081	-0,0976 0,090	-0,0392 (0,086)
ITCR _t	0,0135 (0,016)	0,0456*** (0,015)	0,0447** (0,017)
Volatilidad TCR _t	0,0051 (0,456)		-0,6853 (0,627)
Desalineamiento TCR _t		-0,0180*** (0,003)	-0,0638 (0,100)
Volatilidad TCR _t × desalineamiento TCR _t			0,6262 (1,170)
Participación extranjera _{t-1}	0,0319 (0,022)	0,0328 (0,022)	0,0299 (0,022)
Deuda en moneda corriente _{t-1}	0,1576 (0,100)	0,1590 (0,101)	0,1515 (0,099)
Deuda en moneda extranjera _{t-1}	1,5289 (1,146)	0,0523 (0,121)	-1,3335 (1,167)
Deuda en moneda extranjera _{t-1} × volatilidad TCR _t	-17,5304 (13,573)		17,9289 (14,594)
Deuda en moneda extranjera _{t-1} × coberturas cambiarias _{t-1}			0,4353 (0,281)
Deuda en moneda extranjera _{t-1} × desalineamiento TCR _t			-0,3128**

Cuadro 1 (continuación)**Regresión de ventas externas: panel con efectos aleatorios**

			(0,142)
Coberturas cambiarias _{t-1}	0,0129 (0,014)	0,0132 (0,014)	-0,0127 (0,08)
Crecimiento PIB socios _t	0,0016*** (0,001)	0,0019*** (0,001)	0,0021*** (0,001)
Dummy sector (11)	Sí	Sí	Sí
Dummy ciudad (8)	Sí	Sí	Sí
Dummy tamaño (3)	Sí	Sí	Sí
Número de observaciones	53.565	53.565	53.565
Número de firmas	4.871	4.871	4.871

Nota: errores estándar robustos entre paréntesis.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Fuente: estimaciones propias.

Con respecto al desalineamiento de la TCR, su efecto se calculó teniendo en cuenta tanto su coeficiente como la interacción con la deuda en moneda extranjera¹⁴. Los resultados indican que este tiene un efecto negativo y significativo sobre las ventas externas¹⁵, lo cual podría explicarse por el efecto adverso que los desbalances macroeconómicos tendrían sobre el comercio. El efecto de la deuda en moneda extranjera sobre las ventas externas, que depende del desalineamiento de la TCR, es negativo y significativo. Además, en la especificación 2, cuando se considera únicamente el desalineamiento de la TCR, se encuentra que este tiene un efecto negativo y significativo sobre las ventas externas de las firmas (Cuadro 1, columna 2).

Adicionalmente, como era de esperarse, tanto el nivel de la tasa de cambio real, como el crecimiento del PIB de los socios comerciales, tienen un efecto positivo y significativo sobre las ventas externas.

Finalmente, no se encuentran diferencias importantes en ventas externas teniendo en cuenta el tamaño de las empresas; sin embargo, los resultados muestran que las empresas que pertenecen al sector minero y las localizadas en Bogotá son las que tienen la mayor relación *ventas externas / activos*.

14 Se excluyó el efecto de la interacción de la volatilidad y del desalineamiento de la TCR, ya que no resultó significativo.

15 Este resultado se mantiene para cualquier nivel de deuda en moneda extranjera observado en la muestra considerada.

2.2 Crecimiento de la productividad

El efecto de la volatilidad de la tasa de cambio sobre el crecimiento de la productividad ha sido poco estudiado, especialmente por firma. Aghion *et al.* (2009) encuentran, utilizando una muestra de 47 países para el período 1970-2000, que la volatilidad de la tasa de cambio reduce el crecimiento de la productividad en el sector manufacturero, especialmente en aquellos sub sectores que requieren mayor liquidez. De igual manera, Caglayan y Demir (2014) encuentran que la volatilidad de la tasa de cambio afecta negativamente el crecimiento de la productividad de las firmas pertenecientes al sector manufacturero en Turquía.

Para estudiar el crecimiento de la productividad de las firmas se siguió la especificación estándar de crecimiento económico (Barro y Sala-i-Martin, 2003; Aghion y Howitt, 2008), y en el presente contexto se sigue a Levine *et al.* (2000), Aghion *et al.* (2009) y a Caglayan y Demir (2014)¹⁶. En particular, en esta sección se explora el efecto de la volatilidad y del desalineamiento de la tasa de cambio real sobre el crecimiento de la productividad de una muestra de empresas colombianas, a partir de las siguientes ecuaciones¹⁷:

$$\Delta A_{i,t} = \beta_0 (\beta_1 - 1) A_{i,t-1} + \beta_2 I_{i,t-1} + \beta_3 e_t + \beta_4 PE_{i,t-1} + \beta_5 DD_{i,t-1} + \beta_6 DX_{i,t-1} + \beta_7 (DX_{i,t-1} \times e_t) + \beta_8 \Delta INR_t + \beta_9 \Delta V_{i,t-2} + \beta_{10} Tu_{i,t-2} + \beta_{11} DSector_i + \beta_{12} DCiudad_i + \beta_{13} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

$$\Delta A_{i,t} = \beta_0 + (\beta_1 - 1) A_{i,t-1} + \beta_2 I_{i,t-1} + \beta_3 DQ_t + \beta_4 PE_{i,t-1} + \beta_5 DD_{i,t-1} + \beta_6 DX_{i,t-1} + \beta_7 \Delta INR_t + \beta_8 \Delta V_{i,t-2} + \beta_9 Tu_{i,t-2} + \beta_{10} DSector_i + \beta_{11} DCiudad_i + \beta_{12} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$\Delta A_{i,t} = \beta_0 + (\beta_1 - 1) A_{i,t-1} + \beta_2 I_{i,t-1} + \beta_3 e_t + \beta_4 DQ_t + \beta_5 (e_t \times DQ_t) + \beta_6 PE_{i,t-1} + \beta_7 DD_{i,t-1} + \beta_8 DX_{i,t-1} + \beta_9 (DX_{i,t-1} \times e_t) + \beta_{10} \Delta INR_t + \beta_{11} \Delta V_{i,t-2} + \beta_{12} Tu_{i,t-2} + \beta_{13} DSector_i + \beta_{14} DCiudad_i + \beta_{15} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

donde, $A_{i,t-1}$ es el logaritmo de la productividad de la empresa i en el período $t - 1$, definida como¹⁸:

16 Adicionalmente, se incluyeron variables que podrían llegar a ser determinantes de la productividad en el caso de la industria colombiana (véase Echavarría *et al.*, 2006).

17 Un determinante importante de la productividad de las empresas es la innovación y la inversión en investigación y desarrollo (I&D). Sin embargo, estas variables no se pudieron incluir debido a la falta de información para las empresas.

18 En la literatura internacional se utiliza la productividad media del trabajo o se hace una estimación de la productividad total de los factores cuando existe información disponible sobre el acervo de capital por firma. Cuando no hay información disponible, se emplean *proxies* de productividad parcial. En este artículo, inicialmente, se consideró utilizar como variable dependiente la productividad media del trabajo. Sin embargo, dada la calidad de la información sobre el número de empleados reportada por las empresas, se decidió utilizar la relación entre ingresos operacionales y el costo total de producción como *proxy* de productividad. La productividad se define como una relación entre producto e insumos. Para las empresas, el producto usualmente se mide por su valor, que puede ser aproximado por los ingresos operacionales. Con relación a los insumos, estos pueden ser aproximados por su costo. En este caso se utilizan los costos involucrados en la producción (véase Spring Singapore, 2011).

$$\Delta A_{i,t-1} = \log \left[\frac{\text{ingresos operacionales}_{i,t-1}}{\text{total costo de producción}_{i,t-1}} \right] \quad (8)$$

$\Delta A_{i,t}$ es el crecimiento en la productividad de la firma; $I_{i,t}$ es la tasa de inversión de la empresa i en el período t , definida como:

$$I_{i,t} = \frac{\Delta PPE_{i,t}}{\text{Activos}_{i,t}} \quad (9)$$

$\Delta PPE_{i,t}$ corresponde al cambio en propiedad, planta y equipo neto de la empresa i en el período t , $\text{Activos}_{i,t}$ son los activos totales de la empresa i en el período t ; ΔINR_t es el cambio en el ingreso nacional real, que se incluyó como *proxy* de la demanda doméstica, $\Delta V_{i,t-2}$ es el crecimiento de las ventas, y $Tu_{i,t-2}$ corresponde a la relación *impuestos / utilidades antes de impuestos*.

La ecuación de crecimiento de la productividad se estima utilizando la metodología de panel dinámico de Arellano y Bond (1991) en dos etapas, con errores estándar robustos. Los resultados de las tres especificaciones, que se presentan en el Cuadro 2, indican que el nivel de la productividad rezagado un período tiene un efecto negativo y significativo, lo que sugiere que las firmas menos productivas alcanzan (*catch up*) rápidamente a sus contrapartes más productivas. Este hallazgo es consistente con la literatura, por empresa Aghion *et al.* (2009) y Caglayan y Demir (2014) obtienen los mismos resultados, donde se evidencia el proceso de convergencia de las empresas menos productivas. Por su parte, el coeficiente de la participación extranjera en el capital de las empresas es positivo y significativo, lo que implica que el crecimiento en la productividad de las firmas con capital extranjero es mayor que el de las firmas nacionales.

Cuadro 2
Regresión del crecimiento de la productividad: Arellano-Bond en dos etapas

Variables	1	2	3
Constante	0,3303*** (0,047)	0,2562*** (0,023)	0,3507*** (0,068)
Log productividad _{t-1}	-0,6903*** (0,044)	-0,6919*** (0,045)	-0,6885*** (0,045)
Inversión _{t-1}	0,0160 (0,034)	0,0112 (0,033)	0,0175 (0,034)
Crecimiento en ventas _{t-2}	0,0061 (0,007)	0,0049 (0,007)	0,0057 (0,007)
Impuestos a las utilidades _{t-2}	1,10E-05 (1,03E-05)	9,94E-06 (1,03E-05)	1,07E-05 (1,05E-05)
Volatilidad TCR_t	-0,8311 (0,522)		-1,0581 (0,731)

Cuadro 2 (continuación)**Regresión del crecimiento de la productividad: Arellano-Bond en dos etapas**

Desalineamiento TCR_t		0,0030 (0,005)	-0,0168 (0,090)
Volatilidad $TCR_t \times$ desalineamiento TCR_t			0,1738 (1,050)
Participación extranjera _{t-1}	0,0386* (0,022)	0,0384* (0,022)	0,0383* (0,022)
Deuda en moneda corriente _{t-1}	0,0362 (0,026)	0,0380 (0,026)	0,0366 (0,026)
Deuda en moneda extranjera _{t-1}	-0,4862 (0,398)	-0,3377 (0,381)	-0,4972 (0,400)
Deuda en moneda extranjera _{t-1} $\times$ volatilidad TCR_t	6,1998 (4,787)	4,4093 (4,583)	6,3549 (4,814)
Cambio en el ingreso nacional real _t	-6,42E-08 (9,39E-08)	-5,76E-08 (9,50E-08)	-6,77E-08 (1,02E-07)
Dummy sector (11)	Sí	Sí	Sí
Dummy ciudad (8)	Sí	Sí	Sí
Dummy tamaño (3)	Sí	Sí	Sí
Número de observaciones	31.279	31.279	31.279
Número de firmas	4.078	4.078	4.078
Prueba AR(1) (valor-p)	0	0	0
Prueba AR(2) (valor-p)	0,8808	0,8926	0,9027

Errores estándar robustos entre paréntesis.

Nota: la prueba de Sargan no puede ser calculada al utilizar errores estándar robustos.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Fuente: estimaciones propias.

En cuanto a la volatilidad y al desalineamiento de la TCR, las estimaciones indican que ni la incertidumbre ni los desbalances macroeconómicos parecen tener efecto sobre el crecimiento de la productividad de las firmas. De forma similar, la deuda, tanto en moneda corriente como en moneda extranjera, no fue significativa en estas especificaciones.

Al igual que en el caso anterior, en las estimaciones se controló por sector económico, localización de la empresa y tamaño. En los sectores se encontró que el crecimiento de la productividad de las manufacturas, el comercio y la construcción es superior al de la minería, que es el sector de referencia. En el caso de la localización, el crecimiento de la productividad de las empresas ubicadas en Bogotá es superior al de las establecidas

en el resto del país. Con respecto al tamaño, se encontró que las empresas grandes tienen un mayor crecimiento de la productividad.

2.3. Inversión

La volatilidad y el desalineamiento de la TCR también podrían tener un efecto sobre la inversión de las firmas. Sin embargo, los estudios que analizan esta relación son escasos y la mayoría de ellos se concentra en el impacto que tienen las variaciones de la tasa de cambio, no la volatilidad ni el desalineamiento, sobre la inversión. Por ejemplo, Bleakley y Cowan (2008) analizan si las firmas con más deuda en moneda extranjera invierten menos después de una depreciación. Para esto utilizan información de más de 450 empresas de cinco países latinoamericanos. Los autores encuentran que, después de una depreciación, las firmas más endeudadas en moneda extranjera no invierten menos que las demás. Adicionalmente, Galindo *et al.* (2003) revisan la evidencia empírica para América Latina sobre los determinantes de la composición de monedas de la deuda y sobre el impacto de fluctuaciones de la tasa de cambio sobre la inversión de las empresas¹⁹. En general, estos estudios encuentran un efecto hoja de balance negativo sobre la inversión, resultado contrario al de Bleakley y Cowan (2008), quienes, para una muestra similar de países, obtienen un efecto de hoja de balance positivo y significativo.

En este documento se estima una ecuación de la tasa de inversión para la firma, tomando como referencia las ecuaciones utilizadas por Echeverry *et al.* (2003) y Arbeláez *et al.* (2010), quienes siguen la especificación básica de Bleakley y Cowan (2008). En nuestro modelo se utiliza como variable explicativa la volatilidad de la tasa de cambio en lugar de su variación. Al igual que en las dos secciones anteriores, se consideran tres especificaciones:

$$I_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 I_{i,t-1} + \beta_2 I_{i,t-2} + \beta_3 V_{i,t-1} + \beta_4 V_{i,t-2} + \beta_5 RecProp_{i,t-1} + \beta_6 e_t + \beta_7 Diver_{i,t-1} + \beta_8 PE_{i,t-1} + \beta_9 DD_{i,t-1} + \beta_{10} DX_{i,t-1} + \beta_{11} (DX_{i,t-1} \times e_t) + \beta_{12} GPIBS_t + \beta_{13} DSector_i + \beta_{14} DCiudad_i + \beta_{15} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

$$I_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 I_{i,t-1} + \beta_2 I_{i,t-2} + \beta_3 V_{i,t-1} + \beta_4 V_{i,t-2} + \beta_5 RecProp_{i,t-1} + \beta_6 DQ_t + \beta_7 Diver_{i,t-1} + \beta_8 PE_{i,t-1} + \beta_9 DD_{i,t-1} + \beta_{10} DX_{i,t-1} + \beta_{11} GPIBS_t + \beta_{12} DSector_i + \beta_{13} DCiudad_i + \beta_{14} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

$$I_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 I_{i,t-1} + \beta_2 I_{i,t-2} + \beta_3 V_{i,t-1} + \beta_4 V_{i,t-2} + \beta_5 RecProp_{i,t-1} + \beta_6 e_t + \beta_7 DQ_t + \beta_8 (e_t \times DQ_t) + \beta_9 Diver_{i,t-1} + \beta_{10} PE_{i,t-1} + \beta_{11} DD_{i,t-1} + \beta_{12} DX_{i,t-1} + \beta_{13} (DX_{i,t-1} \times e_t) + \beta_{14} GPIBS_t + \beta_{15} DSector_i + \beta_{16} DCiudad_i + \beta_{17} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (12)$$

19 Véase el volumen 4, número 4 de *Emerging Markets Review* (2003), que contiene los trabajos realizados para Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú.

donde, $V_{i,t-1}$ representa las ventas de las firmas, y se define como la relación entre ingresos operacionales y activos totales; $RecProp_{i,t-1}$ son los recursos propios que tiene la empresa para financiar su inversión, calculados como la utilidad antes de impuestos sobre activos totales; la diversificación de la empresa ($Diver_{i,t-1}$) se calcula como la participación de las ventas externas en el total de ingresos; $GPIBS_t$ es el crecimiento del PIB sectorial. Esta ecuación incluye, también, la interacción entre la deuda en moneda extranjera y la volatilidad de la tasa de cambio real, propuesta por Bleakley y Cowan (2008), para establecer si existe un efecto adicional sobre las empresas endeudadas en moneda extranjera²⁰.

En este caso, las ecuaciones se estimaron utilizando la metodología de panel dinámico de Arellano y Bond (1991) en dos etapas, con errores estándar robustos²¹. En el Cuadro 3 se presentan los resultados. La tasa de inversión rezagada, uno y dos periodos, tiene un efecto positivo y significativo sobre la tasa de inversión actual. De forma similar, las ventas, los recursos propios y el crecimiento del PIB sectorial tienen un efecto positivo y significativo sobre la inversión. Por el contrario, el efecto de la deuda en moneda corriente es negativo, lo que podría sugerir que estos recursos se destinan a financiar los gastos corrientes de las empresas o que estas se encuentran sobreendeadadas. Por otra parte, ni el endeudamiento en moneda extranjera ni su interacción con la volatilidad de la tasa de cambio real afectan la tasa de inversión. Este resultado es similar al de Echeverry *et al.* (2003), Echavarría y Arbeláez (2005) y Arbeláez *et al.* (2010), quienes no encuentran evidencia de un efecto diferencial de las variaciones en la tasa de cambio real sobre la inversión si se tiene en cuenta la exposición de las firmas a la deuda en moneda extranjera.

Cuadro 3
Regresión de inversión: Arellano-Bond en dos etapas

Variables	1	2	3
Constante	0,0106 (0,014)	-0,0016 (0,004)	0,0314* (0,019)
Inversión _{t-1}	0,0911*** (0,014)	0,0899*** (0,014)	0,0890*** (0,014)
Inversión _{t-2}	0,0394*** (0,010)	0,0381*** (0,010)	0,0362*** (0,010)
Ventas _{t-1}	0,0109*** (0,002)	0,0107*** (0,002)	0,0106*** (0,001)
Ventas _{t-2}	0,0055***	0,0054***	0,0053***

20 Cabe mencionar que Bleakley y Cowan (2008), Echeverry *et al.* (2003) y Arbeláez *et al.* (2010) utilizan la variación en el logaritmo de la tasa de cambio real y su interacción con la deuda en moneda extranjera.

21 Adicionalmente, se evaluó la posibilidad de utilizar la metodología de Arellano y Bover (1995), pero no resultó apropiada debido a que la variable dependiente presenta poca persistencia.

Cuadro 3 (continuación)
Regresión de inversión: Arellano-Bond en dos etapas

	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Recursos propios _{t-1}	0,0160*	0,0159*	0,0159*
	(0,009)	(0,009)	(0,009)
Volatilidad TCR_t	-0,1747		-0,3190
	(0,162)		(0,203)
Desalineamiento TCR_t		-0,0021	0,0293
		(0,001)	(0,028)
Volatilidad $TCR_t \times$ desalineamiento TCR_t			-0,4069
			(0,326)
Diversificación _{t-1}	-0,0003	-0,0003	-0,0003
	(0,0002)	(0,0002)	(0,0002)
Participación extranjera _{t-1}	0,0079	0,0079	0,0079
	(0,006)	(0,006)	(0,006)
Deuda en moneda corriente _{t-1}	-0,0566***	-0,0564***	-0,0567***
	(0,009)	(0,009)	(0,009)
Deuda en moneda extranjera _{t-1}	-0,0607	0,0166	-0,0597
	(0,185)	(0,014)	(0,183)
Deuda en moneda extranjera _{t-1} $\times$ volatilidad TCR_t	0,9404		0,9405
	(2,128)		(2,107)
PIB sectorial _t	0,0282**	0,0334**	0,0279*
	(0,014)	(0,014)	(0,015)
Dummy sector (11)	Sí	Sí	Sí
Dummy ciudad (8)	Sí	Sí	Sí
Dummy tamaño (3)	Sí	Sí	Sí
Número de observaciones	37.775	37.775	37.775
Número de firmas	4.766	4.766	4.766
Prueba AR(1) (valor-p)	0,0007	0,0007	0,0007
Prueba AR(2) (valor-p)	0,6889	0,6723	0,6297
Prueba AR(3) (valor-p)	0,6133	0,6467	0,6912

Errores estándar robustos entre paréntesis.

*** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1.

Nota: la prueba de Sargan no puede ser calculada al utilizar errores estándar robustos.

Fuente: estimaciones propias.

Nuestras estimaciones sugieren que ni el desalineamiento ni la volatilidad de la TCR ni su interacción tienen efecto sobre la inversión de las firmas. Este último resultado difiere de Kandilov y Leblebicioglu (2011) para el período 1981-1987, quienes encuentran que la volatilidad tiene un efecto negativo considerable sobre la inversión. Sin embargo, este efecto negativo es mitigado en firmas con un *mark up* alto o en firmas exportadoras y es exacerbado en firmas con un *mark up* bajo que importan un gran volumen de bienes intermedios. Por el contrario, Birchenall (1997), para el período 1985-1995, encuentra que la volatilidad de la devaluación tiene un efecto positivo, aunque pequeño, sobre la decisión de inversión de las firmas, quienes utilizan las compras de capital para cubrirse de la volatilidad de la tasa de cambio, una vez han formado sus expectativas de devaluación.

Adicionalmente, en los estudios que utilizan las variaciones de la tasa de cambio, en lugar de la volatilidad, se encuentran resultados mixtos. Echeverry *et al.* (2003) encuentran que la variación en la tasa de cambio real afecta de manera negativa la inversión de las empresas para el período 1995-2001. Por el contrario, Echavarría y Arbeláez (2005) reportan un impacto positivo de la tasa de cambio real sobre la inversión de las firmas para el período 1995-2002. Por otra parte, Arbeláez *et al.* (2010) no encuentran efectos de variaciones de la tasa de cambio real sobre la inversión, incluso cuando controlan por el sector al que pertenecen las empresas durante el período 1997-2008.

Por último, es importante mencionar que en las estimaciones se controló por sector económico, localización de la empresa y tamaño. Se encontró que las empresas que pertenecen al sector minero presentan una inversión más alta. En el caso del tamaño y de la localización no se encontraron diferencias significativas.

2.4. Ganancias

Finalmente, en este documento también se investiga el efecto de la volatilidad y del desalineamiento de la tasa de cambio real sobre las ganancias de las empresas, por medio de las siguientes ecuaciones:

$$G_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 V_{i,t-1} + \beta_2 e_t + \beta_3 Diver_{i,t-1} + \beta_4 PE_{i,t-1} + \beta_5 DD_{i,t-1} + \beta_6 DX_{i,t-1} + \beta_7 (DX_{i,t-1} \times e_t) + \beta_8 GPIBS_t + \beta_9 DSector_i + \beta_{10} DCiudad_i + \beta_{11} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (13)$$

$$G_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 V_{i,t-1} + \beta_2 DQ_t + \beta_3 Diver_{i,t-1} + \beta_4 PE_{i,t-1} + \beta_5 DD_{i,t-1} + \beta_6 DX_{i,t-1} + \beta_7 GPIBS_t + \beta_8 DSector_i + \beta_9 DCiudad_i + \beta_{10} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (14)$$

$$G_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 V_{i,t-1} + \beta_2 e_t + \beta_3 DQ_t + \beta_4 Diver_{i,t-1} + \beta_5 (Diver_{i,t-1} \times DQ_t) + \beta_6 PE_{i,t-1} + \beta_7 DD_{i,t-1} + \beta_8 DX_{i,t-1} + \beta_9 (DX_{i,t-1} \times e_t) + \beta_{10} GPIBS_t + \beta_{11} DSector_i + \beta_{12} DCiudad_i + \beta_{13} DTamaño_i + \varepsilon_{i,t} \quad (15)$$

donde $G_{i,t}$ está definida como utilidad operacional sobre activos totales.

Las ecuaciones se estiman por medio de un panel con efectos aleatorios y errores estándar robustos²². En el Cuadro 4 se presentan los resultados. Al considerar simultáneamente la volatilidad y el desalineamiento²³, los resultados muestran que su efecto sobre las ganancias de las firmas es negativo y significativo (columna 3). Cuando estas variables son consideradas individualmente (columnas 1 y 2), se obtienen resultados similares.

Cuadro 4
Regresión de ganancias: panel con efectos aleatorios

Variables	1	2	3
Constante	0,1049*** (0,020)	0,0528*** (0,012)	0,0783*** (0,018)
Ventas _{t-1}	0,0151*** (0,002)	0,0151*** (0,002)	0,0151*** (0,002)
Volatilidad TCR_t	-0,6488*** (0,201)		-0,3162* (0,166)
Desalineamiento TCR_t		-0,0057*** (0,001)	-0,0060*** (0,001)
Diversificación _{t-1}	0,0007*** (0,0002)	0,0007*** (0,0002)	0,0006** (0,0003)
Diversificación _{t-1} × desalineamiento TCR_t			0,0174*** (0,006)
Participación extranjera _{t-1}	-0,0011 (0,004)	-0,0016 (0,004)	-0,0018 (0,004)
Deuda en moneda corriente _{t-1}	-0,0279*** (0,006)	-0,0283*** (0,006)	-0,0284*** (0,006)
Deuda en moneda extranjera _{t-1}	-0,0498 (0,183)	-0,0120 (0,013)	-0,0223 (0,187)
Deuda en moneda extranjera _{t-1} × volatilidad TCR_t	0,4429 (2,166)		0,1204 (2,222)
Crecimiento PIB sectorial _t	0,1490*** (0,023)	0,1451*** (0,022)	0,1460*** (0,023)
Dummy sector (11)	Sí	Sí	Sí

22 La metodología de Arellano y Bond (1991) no fue utilizada debido a que las pruebas de especificación sobre los residuales de este modelo no mostraron resultados apropiados.

23 En la tercera especificación se excluyó la interacción entre la volatilidad de la TCR y el desalineamiento, debido a que los resultados fueron contraintuitivos.

Cuadro 4 (continuación)
Regresión de ganancias: panel con efectos aleatorios

<i>Dummy</i> ciudad (8)	Sí	Sí	Sí
<i>Dummy</i> tamaño (3)	Sí	Sí	Sí
Número de observaciones	53.411	53.411	53.411
Número de firmas	4.870	4.870	4.870

Errores estándar robustos entre paréntesis.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Fuente: estimaciones propias.

El efecto del desalineamiento sobre las ganancias, que depende tanto de su coeficiente como del de la interacción con la diversificación (relación *ventas externas / ingresos operacionales*), es en general negativo, indicando que desequilibrios macroeconómicos podrían afectar la capacidad de generación de ingresos en el exterior y, por consiguiente, las utilidades. Por su parte, el efecto de la diversificación sobre las ganancias, que depende de su coeficiente y de la interacción con el desalineamiento, es positivo.

Los resultados sugieren que la interacción entre la deuda en moneda extranjera y la volatilidad no afecta las ganancias de las firmas. Es importante mencionar que, aunque no utilizan la volatilidad de la tasa de cambio sino su devaluación, Echeverry *et al.* (2003) encuentran que la interacción entre la deuda en dólares y las variaciones de la tasa de cambio tiene un efecto negativo sobre las ganancias de las empresas, mientras que Echavarría y Arbeláez (2005) y Arbeláez *et al.* (2010) no encuentran este efecto. No obstante, estos dos últimos estudios sí encuentran un efecto positivo y significativo de una devaluación de la tasa de cambio real sobre las ganancias.

En el Cuadro 4 también se observa que las ventas y el crecimiento del PIB sectorial afectan de forma positiva y significativa las ganancias de las empresas, como era de esperarse. Por el contrario, las firmas que se encuentran más endeudadas en moneda corriente presentan menores tasas de ganancias.

Los resultados indican que las empresas pertenecientes al sector petróleo presentan una tasa mayor de ganancias que la minería, el sector de referencia. Adicionalmente, las empresas grandes y aquellas localizadas en Bogotá son las que presentan mayores tasas de ganancias.

3. CONCLUSIONES

En este artículo se examinó empíricamente el efecto de la volatilidad y del desalineamiento de la tasa de cambio real sobre el desempeño de una muestra de firmas colombianas, para el período 2000-2011. En particular, se analizó el efecto sobre las ventas externas, el crecimiento de la productividad, la inversión y las ganancias de las firmas.

Los resultados sugieren que el efecto de la volatilidad de la tasa de cambio real sobre el desempeño de las firmas es mixto. En particular, este efecto es negativo en el caso de las ganancias, mientras que no tiene efecto sobre las ventas externas, el crecimiento de la productividad y la tasa de inversión de las empresas. Para el caso de las ganancias, la volatilidad podría considerarse como un incremento en el riesgo sistemático que estaría afectando el costo de financiación de la empresa en el corto plazo, lo que a su vez se ve reflejado en el resultado del año, es decir, sobre las ganancias. También, podría considerarse que las empresas suponen que la volatilidad de la TCR es un choque transitorio, por lo cual no lo transmiten totalmente a los precios, siendo entonces absorbido por las ganancias.

Por otro lado, el desalineamiento tiene un efecto negativo y significativo sobre las ventas externas y las ganancias, lo que podría sugerir que desequilibrios macroeconómicos de largo plazo afectan la actividad económica de las firmas.

Cabe resaltar que la deuda en moneda extranjera tiene un efecto negativo sobre las ventas externas, mientras que la deuda en moneda corriente afecta negativamente las ganancias y la inversión de las empresas, lo que podría sugerir que estos recursos de crédito se destinan a financiar los gastos corrientes de las firmas o que estas se encuentran sobreendeudadas.

En relación con los otros determinantes, se encontró, por ejemplo, que la inversión de períodos anteriores, las ventas, los recursos propios y el crecimiento del PIB sectorial afectan positivamente la tasa de inversión. Por su parte, el crecimiento del PIB de los socios comerciales, como *proxy* de la demanda externa, tiene un efecto positivo sobre las ventas externas. En cuanto al crecimiento de la productividad de las empresas, se encuentra que las firmas menos productivas alcanzan (*catch up*) rápidamente a sus contrapartes más productivas, y que el crecimiento en la productividad de las firmas con capital extranjero es mayor que el de las firmas nacionales. Finalmente, las ventas, la diversificación de los ingresos y el crecimiento del PIB sectorial afectan positivamente las ganancias de las empresas.

REFERENCIAS

- Aghion, P.; Bacchetta, P.; Rancière, R.; Rogoff, K. (2009). “Exchange Rate Volatility and Productivity Growth: The Role of Financial Development”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 56, núm. 4, pp. 494-513.
- Aghion, P.; Howitt, P.W. (2008). *The Economics of Growth*. The MIT Press, Cambridge.
- Aliyu, S. (2010). “Exchange Rate Volatility and Export Trade in Nigeria: An Empirical Investigation”, *Applied Financial Economics*, vol. 20, núm. 13, pp. 1071-1084.
- Alonso, G. (1993). “La oferta de exportaciones menores en Colombia, 1970-1992”, *Coyuntura Económica*, vol. 3, pp. 75-99.
- Arbeláez, M. A.; Steiner, R.; Salamanca, A. (2010). “Investment and Exposure to Exchange rate Changes in Colombia [en línea]”, documento Fedesarrollo, disponible en: <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Investment-and-exposure-to-exchange-rate-changes-in-Colombia-2010.pdf>, consultado el 14 de noviembre de 2012.

- Arellano, M.; Bond, S. (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", *Review of Economic Studies*, vol. 58, núm. 2, pp. 277-297.
- Arellano, M.; O. Bover, (1995). "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models", *Journal of Econometrics*, vol. 68, núm. 1, pp. 29-51.
- Arize, A. (1999). "The Demand for LDC Exports: Estimates from Singapore", *The International Trade Journal*, vol. 13, núm 4, pp. 345-370.
- Arize, A.; Malindretos, J.; Kasibhatla, K. (2003). "Does Exchange-Rate Volatility Depress Export Flows: The Case of LDCs", *IAER*, vol. 9, núm. 1, pp. 8-20.
- Arize, A.; Osang, T.; Slottje, D. (2008). "Exchange-Rate Volatility in Latin America and its Impact on Foreign Trade", *International Review of Economics & Finance*, vol. 17, núm 1, pp. 33-44.
- Arteaga, C.; Huertas, C.; Olarte, S. (2013). "Índice de desbalance macroeconómico", en H. Rincón y A. M. Velasco (eds.) *Flujos de capitales, choques externos y respuestas de política en países emergentes*, Bogotá: Banco de la República.
- Aurangzeb, A.; Stengos T.; Mohammad, A. (2005). "Short-Run and Long-Run Effects of Exchange Rate Volatility on the Volume of Exports: A Case Study for Pakistan", *International Journal of Business and Economics*, vol. 4, núm. 3, pp. 209-222
- Barro, R.; Sala-i-Martin, X. (2003). *Economic Growth*, Cambridge: The MIT Press , segunda edición.
- Baum, C.; Caglayan, M. (2006). "Effects of Exchange Rate Volatility on the Volume and Volatility of Bilateral Exports", working paper, Boston College.
- Baum, C; Caglayan, M. (2010). "On the Sensitivity of the Volume and Volatility of Bilateral Trade Flows to Exchange Rate Uncertainty", *Journal of International Money and Finance*, vol. 29, núm. 1, pp. 79-93.
- Birchenall, J. (1997). "Inversión, q de Tobin, e incertidumbre en la industria colombiana", *Revista Desarrollo y Sociedad*, núm. 39, pp. 149-207.
- Bleakley, H.; y Cowan, K. (2008). "Corporate Dollar Debt and Depreciations: Much Ado About Nothing?", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 90, núm. 4, pp. 612-626.
- Caballero, R.; Corbo, V. (1989). "The Effect of Real Exchange Rate Uncertainty on Exports: Empirical Evidence", *The World Bank Economic Review*, vol. 3, núm. 2, pp. 263-278.
- Caglayan, M.; Muñoz, R. (2011). "The Effect of the Exchange Rates on Investment in Mexican Manufacturing Industry", *Open Economies Review*, vol. 22, núm, 4, pp. 669-683.
- Caglayan, M.; Demir, F. (2014). "Firm Productivity, Exchange Rate Movements, Sources of Finance and Export Orientation", *World Development*, vol. 54, pp. 204-219.
- Cheung, Y. W.; Sengupta, R. (2013). "Impact of Exchange Rate Movements on Exports: An Analysis of Indian Non-Financial Sector Firms", discussion papers, núm. 10, Bank of Finland Institute for Economies in Transition.
- Chit, M.; Rizov, M.; Willenbockel, D. (2010). "Exchange Rate Volatility and Exports: New Empirical Evidence from the Emerging East Asian Economies", *World Economy*, vol. 33, núm. 2, pp. 239-263.

- Choudhry, T. (2005). "Exchange Rate Volatility and the United States exports: Evidence from Canada and Japan", *Journal of Japanese and International Economics*, vol. 19, núm. 1, pp. 51-71.
- Chowdhury, A. (1993). "Does Exchange Rate Volatility Depress Trade Flows? Evidence from Error-Correction Models", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 75, núm. 4, pp. 700-706.
- De Grauwe, P. (1988). "Exchange Rate Variability and the Slowdown in Growth of International Trade", *IMF Staff Papers*, vol. 35, núm. 1, pp. 63-84, Fondo Monetario Internacional.
- Dell'Ariccia, G. (1999). "Exchange Rate Fluctuations and Trade Flows: Evidence from the European Union", *IMF Staff Papers*, vol. 46, núm. 3, pp. 315-334, Fondo Monetario Internacional.
- Demir, F. (2013). "Growth Under Exchange Rate Volatility: Does Access to Foreign or Domestic Equity Markets Matter?", *Journal of Development Economics*, vol. 100, núm. 1, pp. 74-88.
- Drost, F. C.; Nijman, T. E. (1995). "Temporal Aggregation of GARCH Processes", en R. F. Engle (ed.), *ARCH Selected Readings*, pp. 221-240, Oxford University Press.
- Echavarría, J. J. (1982). "La evolución de las exportaciones y sus determinantes: un análisis empírico", *Ensayos sobre Política Económica*, núm. 2, pp. 257-294.
- Echavarría, J. J.; Arbeláez, M. A. (2005). "Tasa de cambio y crecimiento económico en Colombia durante la última década", *Borradores de Economía*, núm. 338, Banco de la República.
- Echavarría, J. J., Arbeláez, M. A.; Rosales M. F. (2006). "La productividad y sus determinantes: el caso de la industria colombiana", *Desarrollo y Sociedad*, núm. 57, pp. 77-122.
- Echeverry, J. C.; Fergusson, L.; Steiner, R.; Aguilar, C. (2003). "Dollar Debt in Colombian Firms: are Sinners Punished during Devaluations?", *Emerging Markets Review*, vol. 4, núm. 4, pp. 417-449.
- Feenstra, R.; Inklaar, R.; Timmer, M. P. (2013) "The Next Generation of the Penn World Table", working paper, núm. 19255, National Bureau of Economic Research.
- Galindo, A.; Panizza, U.; Schiantarelli, F. (2003). "Debt Composition and Balance Sheet Effects of Currency Depreciation: a Summary of the Micro Evidence", *Emerging Markets Review*, vol. 4, núm. 4, pp. 330-339.
- Gonzaga, G.; Terra, M. C. (1997). "Equilibrium Real Exchange Rate, Volatility, and Stabilization", *Journal of Development Economics*, vol. 54, núm. 1, pp. 77-100.
- Héricourt, J.; Poncet, S. (2013). "Exchange Rate Volatility, Financial Constraints and Trade: Empirical Evidence from Chinese Firms", FIW working paper series, núm. 112, FIW.
- Jongwanich, J. (2009). "Equilibrium Real Exchange Rate, Misalignment, and Export Performance in Developing Asia", working paper series, núm. 151, Asian Development Bank Economics, marzo.
- Kandilov, I. T.; Leblebicioglu, A. (2011). "The Impact of Exchange Rate Volatility on Plant-Level Investment: Evidence from Colombia", *Journal of Development Economics*, vol. 94, núm. 2, pp. 220-230.

- Levine, R.; Loayza, N.; Beck, T. (2000). "Financial Intermediation and Growth: Causality and Causes. *Journal of Monetary Economics*, vol. 46, núm. 1, pp. 31-77.
- McKenzie, M. (1998). "The Impact of Exchange Rate Volatility on Australian Trade Flows". *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 8, núm. 1, pp. 21-38.
- Misas, M.; Ramírez, M. T.; Silva, L. (2001). "Exportaciones no tradicionales en Colombia y sus determinantes", *Ensayos sobre Política Económica*, núm. 39, pp. 73-114.
- Mustafa, K.; Nishat, M. (2004). "Volatility of Exchange Rate and Export Growth in Pakistan: The Structure and Interdependence in Regional Markets", *Pakistan Development Review*, vol. 43, núm. 4, pp. 813-824.
- Nicita, A. (2013). "Exchange Rates, International Trade and Trade Policies", *International Economics*, vols. 135-136, pp. 47-61.
- Pozo, S. (1992). "Conditional Exchange-Rate Volatility and the Volume of International Trade: Evidence from the Early 1900s", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 74, núm. 2, pp. 325-332.
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*, Barcelona: Editorial Antoni Bosch, segunda edición.
- Sauer, C.; Bohara, A. (2001). "Exchange Rate Volatility and Exports: Regional Differences between Developing and Industrialized Countries", *Review of International Economics*, vol. 9, núm. 9, pp. 133-152.
- Sbrana, G.; Silvestrini, A. (2013). "Aggregation of Exponential Smoothing Processes with an Application to Portfolio Risk Evaluation. *Journal of Banking & Finance*, vol. 37, núm. 5, pp. 1437-1450.
- Sekkat, K.; Varoudakis, A. (2000). "Exchange rate management and manufactured exports in Sub-Saharan Africa", *Journal of Development Economics*, vol. 61, núm. 1, pp. 237-253.
- Serenis, D.; Cameron, S.; Serenis, P. (2008). "The Impact of Exchange Rate Volatility on Exports: A Cross Country Analysis (1973-2004)", *Atlantic Economic Journal*, vol. 36, núm. 3, pp. 375-376.
- Serenis, D. (2013). "Does Exchange Rate Volatility Hinder Export Flows for South American countries?", *Applied Economics Letters*, vol. 20, núm.5, pp. 436-439.
- Solakoglu, M. N.; Solakoglu, E. G.; Demirağ, T. (2008). "Exchange Rate Volatility and Exports: a Firm-Level Analysis", *Applied Economics*, vol. 40, núm. 7, pp. 921-929.
- Spring Singapore (2011). *A Guide to Productivity Measurement*, Singapur.
- Steiner, R.; Wüllner, A. (1994). "Efecto de la volatilidad de la tasa de cambio en las exportaciones no tradicionales", *Coyuntura Económica*, vol. 24, pp. 139-153.
- Sukar, A.; Hassan, S. (2001). "US Exports and Time Varying Volatility of Real Exchange Rate", *Global Economic Journal*, vol. 12, núm. 1, pp. 109-119.

ANEXO 1

Para elaborar la base de datos por firma, se combinó información de la Superintendencia de Sociedades, el Banco de la República, el DANE y *Penn World Tables* versión 8.0 de Feenstra *et al.* (2013), para el período 2000-2011. El objetivo era obtener un panel de empresas balanceado para todo el período de estudio.

Al ensamblar la base de datos, se detectaron inconsistencias y vacíos en la información, que impedían que la base resultante fuera consistente y confiable. Por ejemplo, se encontraron pasivos que superaban el valor de los activos; ingresos operacionales negativos; activos fijos superiores a los activos totales; valores negativos de los activos y pasivos; activos corrientes superiores a activos totales; pasivos corrientes superiores a pasivos totales; niveles de activos demasiado bajos; problemas de unidades, y valores atípicos. Se eliminaron las firmas que presentaban información inconsistente y, en la medida de lo posible, se completó la información faltante utilizando otras fuentes. Como resultado se obtuvo una base de datos final de 4.871 empresas.

Estas empresas se encuentran distribuidas en once sectores económicos, de acuerdo con la clasificación industrial internacional uniforme (CIIU), revisión 3 (Cuadro A1.1), tres tamaños (Cuadro A1.2), y ocho áreas de registro (Cuadro A1.3)²⁴.

Cuadro A1.1
Distribución de las firmas por sector económico

Sector	Número de firma	Porcentaje de firmas
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	504	10,4
Explotación de minas y canteras	36	0,7
Industrias manufactureras	1.497	30,7
Electricidad, gas y agua	5	0,1
Construcción	396	8,1
Comercio al por mayor y al por menor, restaurantes y hoteles	1.339	27,5
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	141	2,9
Servicios comunales, sociales y personales	101	2,1
Petróleo	61	1,3
Intermediación financiera	332	6,8
Otros	459	9,4
Total	4.871	100,0

Fuente: Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores.

24 Las empresas se encuentran registradas en siete áreas metropolitanas y el resto del país: Bogotá y su área metropolitana (Bojacá, Cajicá, Chía, Cota, Facatativá, Funza, Gachancipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Sibate, Soacha, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá), Bucaramanga y su área metropolitana (Floridablanca, Girón y Piedecuesta), Barranquilla y su área metropolitana (Galapa, Malambo, Puerto Colombia y Soledad), Cali y su área metropolitana (Candelaria, Jamundí, Palmira y Yumbo), Medellín y su área metropolitana (Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüí, La Estrella y Sabaneta), Manizales y su área metropolitana (Villa María), Pereira y su área metropolitana (Dos quebradas, La Virginia y Santa Rosa de Cabal), y las empresas localizadas en otros municipios fueron agrupadas en una categoría denominada “resto del país”.

Cuadro A1.2
Distribución de firmas por tamaño

Tamaño	Número de firmas	Porcentaje de firmas
Pequeña	587	12,0
Mediana	1.232	25,3
Grande	3.052	62,7
Total	4.871	100,0

Fuente: Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores con base en el valor de los activos.

Cuadro A1.3.
Distribución de firmas por ciudad de registro

Ciudad	Número de firmas	Porcentaje de firmas
Bogotá	2.800	57,5
Medellín	627	12,9
Barranquilla	218	4,5
Cali	561	11,5
Bucaramanga	130	2,7
Manizales	67	1,4
Pereira	58	1,1
Resto de ciudades	410	8,4
Total	4.871	100,0

Fuente: Superintendencia de Sociedades; cálculos de los autores.

ANEXO 2

Estadísticas descriptivas, definición y fuentes de las variables utilizadas en las estimaciones

Cuadro A.2.1
Definición y fuentes

Variable	Definición	Fuente
Inversión	Cambio en propiedad planta y equipo neto/ activos totales	Supersociedades y cálculos propios
Productividad	Ingresos operacionales/total costo de producción	Supersociedades y cálculos propios
Ventas externas	Exportaciones/activos totales	Banco de la República, DANE, Supersociedades y cálculos propios
Ganancias	Utilidad operacional/activos totales	Supersociedades y cálculos propios
Ventas	Ingresos operacionales/activos totales	Supersociedades y cálculos propios
Recursos propios	Utilidad antes de impuestos/ activos totales	Supersociedades y cálculos propios
Volatilidad de la tasa de cambio real	Modelo GARCH(1,1) sobre el cambio logarítmico del índice de la tasa de cambio real (utilizando como deflactor el índice de precios al consumidor, IPC)	Banco de la República y cálculos propios
Diversificación	Exportaciones/ ingresos operacionales	Supersociedades y cálculos propios
Participación extranjera en el capital de la empresa	Porcentaje de participación extranjera en el capital total de la empresa	Supersociedades y cálculos propios
Crecimiento del PIB sectorial	Calculado a partir del PIB por ramas de actividad económica	DANE y cálculos propios
Crecimiento del PIB de los socios comerciales	Crecimiento del PIB de los socios comerciales	Banco de la República y cálculos propios
Deuda en moneda extranjera	Deuda en moneda extranjera / activos totales	Banco de la República, Supersociedades y cálculos propios
Deuda en moneda corriente	Deuda en moneda corriente / activos totales	Supersociedades y cálculos propios
Dummy desalineamiento de la TCR	Desviación de la TCR de su nivel de largo plazo. Toma el valor de 1 si se encuentra desalineada	Banco de la República y cálculos propios

Cuadro A.2.1 (continuación)
Definición y fuentes

Variable	Definición	Fuente
Tamaño de las empresas	Calculado a partir de los activos totales con base en los criterios establecidos en la Ley 905 de 2004	Supersociedades
Dummy coberturas cambiarias	Contratos <i>forwards</i> de venta pactados por las empresas. Toma el valor de 1 en el año en el que la empresa se cubre	Banco de la República
Ingreso nacional real	Ingreso nacional deflactado por IPC, año base 2008	DANE y cálculos propios
Impuestos a las utilidades	Impuestos a las utilidades/ utilidad antes de impuestos	Supersociedades y cálculos propios

Fuente: elaboración de los autores.

Cuadro A.2.2
Estadísticas descriptivas

Variables	Promedio	Desviación estándar	Mín.	Máx.
Inversión	0,0089	0,0784	-6,9462	0,9998
Crecimiento de la productividad	0,0008	0,2892	-5,0794	5,0437
Ventas externas	0,1015	0,7518	0	46,0914
Ganancias	0,0539	0,1328	-4,9526	2,3472
Ventas	1,224	1,2246	0,0001	37,0407
Utilidad antes de impuestos / activos	0,0557	0,107	-1,0084	0,9434
Volatilidad de la tasa de cambio real	0,0836	0,0026	0,0801	0,0881
Diversificación	0,0754	1,1783	0	101,7122
Participación extranjera en el capital de la empresa	0,1613	0,3434	0	1
Crecimiento del PIB sectorial	0,0429	0,0331	-0,1502	0,2247
Crecimiento del PIB de los socios comerciales	0,8417	3,2885	-2,8391	10,3872
Deuda en moneda extranjera	0,0194	0,0691	0	0,9957
Deuda en moneda corriente	0,1202	0,1491	0	0,9808
Ingreso nacional real (miles de millones)	523.742,30	88.447,65	425.293,70	690.711,80
Impuestos a las utilidades	0,4427	30,2621	-1.530,867	4.956,886

Fuentes: Superintendencia de Sociedades; registros de inversión extranjera directa del Departamento de Cambios Internacionales del Banco de la República; base de datos sobre comercio exterior del Banco de la República; base de datos de contratos *forwards* pactados del Departamento de Operaciones y Desarrollo de Mercados, Subgerencia Monetaria y de Reservas; DANE, y Fondo Monetario Internacional; cálculos de los autores.

14. MERCADO DE BONOS SOBERANOS Y ESTABILIDAD FINANCIERA: UNA APLICACIÓN DE GRÁFICOS ACÍCLICOS DIRECCIONADOS (GAD) Y MODELOS SVAR

**Jorge Ramos F.
Ligia Alba Melo B.
Héctor Zárate Solano***

Durante las dos últimas décadas los mercados de deuda pública interna han registrado un desarrollo significativo en las economías emergentes, permitiendo que la proporción de la deuda financiada con títulos del gobierno aumente. Si bien el sector financiero se ha beneficiado de este avance, ya que cuenta con una forma alternativa de invertir los recursos tradicionalmente destinados al crédito, la volatilidad en el mercado de deuda pública conlleva riesgos potenciales para el sector financiero, y en particular para las instituciones tenedoras de títulos. El mercado de deuda pública también puede contribuir a la estabilidad financiera mediante la reducción de los descalces cambiarios, el aumento de la eficiencia económica y la creación de una tasa de interés de mercado, que refleje los costos de oportunidad de las inversiones a diferentes plazos¹.

Los mercados de deuda pública interna pueden verse afectados por choques económicos que podrían provocar cambios en el precio de los bonos, variaciones en la percepción de riesgo de los inversionistas y ajustes en la composición de los balances bancarios.

* Los autores pertenecen a la Gerencia Técnica del Banco de la República. Agradecen a Pamela Cardozo, Dairo Estrada, Franz Hamann, Miguel Cataño, Dionisio Valdivieso, Andrés Langebaeck, Munir Jalil y Juan Manuel Quintero por las sugerencias para orientar el proyecto de la investigación. Los autores también agradecen a los participantes del seminario interno del Banco de la República por sus comentarios. Asimismo, la asistencia en la investigación de Juliana Arias y Sonia Salazar, y el suministro de información por parte de Luisa Silva y Néstor Espinosa. Las opiniones expresadas son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Banco de la República ni de su Junta Directiva.

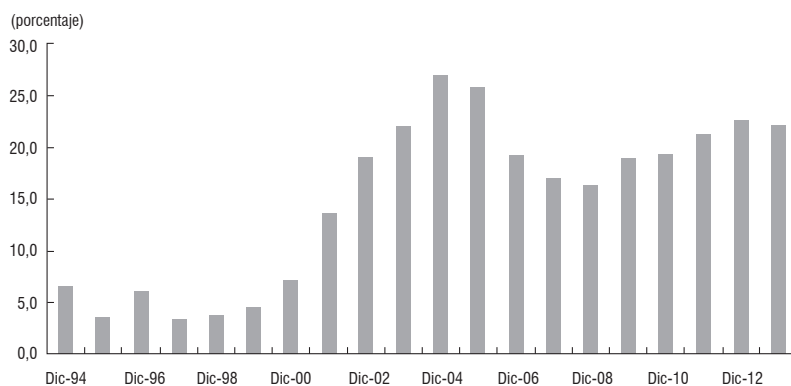
1 Para más detalles véase BIS (2007); Das *et al.* (2010) y Mehrotra, *et al.* (2012).

El origen de estos choques no solo está asociado con la estrategia fiscal del gobierno, sino también con otros factores de origen interno y externo como decisiones de política monetaria y cambiaria, y el apetito por el riesgo de los inversionistas internacionales. Ejemplo de esto último es la incertidumbre en la política monetaria y fiscal de los Estados Unidos y Europa, la cual ha tenido un impacto fundamental en la demanda y el precio de estos activos en las economías emergentes.

El mercado de deuda pública interna en Colombia se desarrolló en los últimos veinte años, en parte por la prohibición del financiamiento monetario al Gobierno por parte del banco central, derivada de la Constitución Política de 1991, y por el establecimiento de condiciones favorables que permitieron la emisión y colocación de títulos en el mercado interno de capitales. El tamaño de este mercado ha sido determinado por el déficit fiscal del Gobierno y por su política de endeudamiento, que en la última década ha favorecido el financiamiento con recursos del crédito interno. En efecto, durante los últimos veinte años la deuda pública interna creció significativamente, pasando de COP3,8 billones (4,0% del producto interno bruto [PIB]) en 1994 a COP158,7 billones (23,3% del PIB) en junio de 2013.

Un aspecto importante en la evolución de la deuda interna colombiana es el cambio en la distribución de los tenedores de bonos. En efecto, mientras que en 1995 el 71,3% de los títulos de deuda pública estaba en poder de entidades públicas, el 22,3% en el sector financiero y el 6,4% en el sector privado, en junio de 2012 el 50,9% de los bonos pertenecía al sector financiero, seguido por el sector público, con el 28%, y el sector privado, con el 21,1% (Gráfico 1). Este cambio refleja un mayor grado de exposición de las instituciones financieras a los choques que afectan el mercado de deuda pública.

Gráfico 1
Participación de bonos soberanos en los activos de los bancos



Fuente: Banco de la República.

Los bancos demandan bonos del gobierno, principalmente por dos razones. En primer lugar, para enfrentar el riesgo de liquidez. Con este fin los bancos utilizan los

títulos como un mecanismo de apalancamiento para obtener préstamos de corto plazo del banco central. En segundo lugar, los bancos demandan bonos soberanos como un mecanismo de inversión alternativo a los recursos que los bancos tradicionalmente asignan al crédito. Los riesgos potenciales para la estabilidad financiera provienen de la volatilidad en el mercado secundario de bonos, que se refleja directamente en variaciones en la tasa de interés de los títulos y en sus precios, al igual que en la calificación que reciben. Para un banco el riesgo de mercado dependerá de la proporción de títulos en sus portafolios.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de diversos choques económicos internos y externos sobre la tasa de interés y el precio de los títulos de deuda interna del gobierno, así como sobre la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera. Con este propósito, inicialmente se identificaron los diferentes tipos de innovaciones y canales que afectan la tasa de interés, el precio y la calificación de los bonos públicos. Posteriormente, se evaluó cómo estos cambios afectan la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera. Este proceso se realizó con base en información histórica y entrevistas con expertos en el mercado de deuda interna. El análisis se llevó a cabo mediante el uso de gráficos acíclicos direccionados (*GAD*) y la estimación de modelos de vectores autorregresivos estructurales (*SVAR*, por su sigla en inglés).

Es importante señalar que, aunque el estudio de relaciones estructurales causales a partir del uso de *GAD* ha proporcionado importantes avances teóricos y prácticos en las dos últimas décadas, su utilización ha sido limitada en economía y finanzas (Spirtes, *et al.*, 2000; Hoover, 2006; Swanson y Granger, 1997; Awokuse, 2006; Awokuse y Bessler, 2003; Bessler y Yang, 2003). El análisis con *GAD* ofrece un método gráfico para identificar y medir las relaciones entre el mercado de bonos soberanos y el sector financiero. Además, provee elementos acerca de la interconectividad y la dirección de causalidad entre las variables relevantes.

Este capítulo consta de cinco secciones, además de esta introducción. En la primera se presentan algunos aspectos relacionados con el mercado de deuda pública en Colombia y su relación con el sistema financiero. En la segunda sección se describe la metodología utilizada. En la tercera sección se analizan los canales de transmisión que pueden estar presentes en el mercado de deuda pública y su impacto sobre la rentabilidad y estabilidad financiera, haciendo uso de modelos gráficos de probabilidad y de los modelos *SVAR*. En la cuarta sección se presentan los datos utilizados en el análisis empírico y se discuten los resultados obtenidos a partir de estos modelos. En la última sección se presentan las principales conclusiones.

1. MERCADO DE DEUDA PÚBLICA Y EL SISTEMA FINANCIERO EN COLOMBIA

Como se mencionó, el mercado de deuda pública en Colombia se inició después de la expedición de la Constitución Política de Colombia de 1991, con la cual se prohibió la financiación directa del Banco de la República al Gobierno. Durante los últimos veinte años el mercado ha tenido un desarrollo significativo que se refleja en un aumento del saldo de títulos de deuda interna, en la diversificación de tenedores y en el mejoramiento de la estructura del perfil de la deuda. En el país la deuda interna se transa en el mercado primario, en el cual la tasa de interés se define entre los denominados creadores del

mercado y el Gobierno, y en el mercado secundario, donde las tasas de interés se definen con la oferta y demanda de bonos, utilizando el mecanismo de subasta holandesa.

El manejo de la deuda interna por parte de las autoridades puede aumentar o disminuir el riesgo de mercado para los tenedores de títulos. Estructuras inadecuadas de la deuda pueden afectar la capacidad del gobierno para garantizar la estabilidad financiera, con lo cual se deteriora la percepción de riesgo-país por parte de los inversionistas. A mayor saldo de la deuda y mayor concentración de vencimientos en el corto plazo, aumenta la vulnerabilidad de los tenedores de títulos. De acuerdo con un estudio del Fondo Monetario Internacional, los vencimientos a corto plazo pueden incluir altos niveles de rotación de la deuda y un mayor riesgo de refinanciación, lo que podría ocasionar una crisis de confianza, por la preocupación de insolvencia por parte del gobierno para canjear los bonos en su vencimiento (Das, *et al.*, 2010). Desde el punto de vista del gobierno, es preferible tener una estructura de deuda con tasa fija y con un portafolio de bonos de largo plazo. Sin embargo, la deuda de largo plazo puede representar un mayor valor en riesgo (VaR) para el titular de la deuda.

Los bancos demandan bonos soberanos para protegerse contra el riesgo de liquidez, mediante la utilización de los títulos como mecanismo de apalancamiento para obtener préstamos de corto plazo con el Banco de la República. Los bancos también utilizan los bonos soberanos como una alternativa de inversión, mediante la cual pueden obtener pérdidas o ganancias. Finalmente, los bancos adquieren títulos de deuda pública porque son considerados activos de bajo riesgo. Para realizar sus inversiones en títulos de deuda pública, los bancos examinan tanto la programación del financiamiento del gobierno en el corto plazo, como el plan de colocaciones, el perfil de vencimientos, la liquidez del mercado y la posibilidad de realizar operaciones *swap*. Así mismo, los bancos evalúan la situación fiscal y especialmente el financiamiento del déficit para identificar la nueva oferta de títulos. Por sus características, los bancos se interesan más por la parte media y corta de la curva de rendimiento, y los fondos de pensiones y cesantías y las compañías de seguros, por la parte larga de la curva.

Desde el punto de vista contable, los bonos adquiridos por los bancos corresponden, en primer lugar, a títulos negociables que se contabilizan en el estado de pérdidas y ganancias, se valoran a precios de mercado y pueden ser negociados por los bancos en el mercado secundario. Estos bonos se ajustan por el cambio en los precios, debido principalmente a variaciones en la tasa de interés. En segundo lugar, los títulos disponibles para la venta pueden ser negociados después de un año, e inicialmente se contabilizan en la cuenta de patrimonio. Finalmente, los bonos adquiridos hasta el vencimiento se contabilizan a precio de compra y generalmente se utilizan como un mecanismo de apalancamiento para obtener financiamiento. Los bancos enfrentan un riesgo de mercado derivado de las variaciones en el precio de los títulos, que compromete su rentabilidad y estabilidad. Cada banco tiene su propia política acerca de la composición del portafolio en títulos del gobierno y, por consiguiente, los efectos de choques en el mercado de deuda dependerán de la proporción y el tipo de bonos en sus portafolios.

En Colombia el mercado de deuda pública interna se ha visto afectado por diversos choques económicos que han generado cambios en la valorización de los títulos de deuda pública, variaciones en la percepción de riesgo por parte de los inversionistas y ajustes en la composición de los tenedores de deuda. Dentro de estos choques cabe destacar el

efecto de la crisis de 1999, que dio origen a un fenómeno conocido como la interrupción del canal del crédito, debido al comportamiento de los bancos, que al tratar de disminuir el riesgo de sus inversiones, aumentaron sus activos en títulos y desviaron recursos tradicionalmente asignados al crédito. Esto se vio favorecido por la oferta de títulos provocada por el deterioro fiscal del momento (Banco de la República, 1999).

Por otro lado, en 2002 el saldo de la deuda del Gobierno presentó un incremento significativo, que se reflejó en un aumento del saldo de TES (títulos de tesorería), al pasar de 12,8% del PIB en el año 2000 al 17,4% del PIB en 2002. Este incremento afectó la percepción de riesgo sobre el país, la cual fue generalizada para Latinoamérica. Entre julio y octubre de este último año se presentó una situación de estrés en el mercado secundario de deuda pública, que se reflejó en un aumento y una volatilidad de la tasa de interés de los títulos. La Dirección de Crédito Público debió suspender la subasta de TES hasta noviembre de ese año. Estos hechos generaron importantes pérdidas al sector financiero (Rodríguez, 2005 y Banco de la República, 2002).

Otro evento destacable corresponde a la desvalorización de los TES ocurrida durante el primer semestre de 2006. El origen de este choque estuvo asociado con la incertidumbre sobre el crecimiento y la inflación mundial, que afectó el apetito por el riesgo de los inversionistas internacionales y el precio de los activos locales. Este fenómeno estuvo acompañado por un aumento de la tasa de interés de política monetaria después de un período de tasas bajas y una oferta importante de bonos en el mercado. Las utilidades de los bancos cayeron y se presentó una recomposición del activo de los bancos en favor del crédito (Banco de la República, 2007a y 2007b).

La crisis internacional de 2008 también afectó el mercado de deuda pública interna en Colombia. Como respuesta a la desaceleración económica asociada con la crisis financiera internacional, el Banco de República redujo la tasa de interés de política, lo que se reflejó en mayores precios de los TES. Como respuesta a este hecho y al deterioro en la calidad de la cartera del sistema financiero, los bancos aumentaron la proporción de títulos en su portafolio (Banco de la República, 2008a, 2008b y 2009).

Finalmente, se puede destacar la volatilidad en el mercado de TES en junio de 2013, originada por el anuncio de la Reserva Federal de considerar la finalización, antes de lo esperado, del programa de compra de activos. Este hecho generó expectativas sobre el aumento de las tasas de interés internacionales, lo que produjo incrementos en las tasas de interés de los TES, especialmente en los tramos medio y largo de la curva, aumentando su pendiente. Estos hechos generaron desvalorizaciones de los títulos de la deuda colombiana, con efectos negativos sobre la rentabilidad del sistema financiero (Banco de la República, 2013).

2. METODOLOGÍA

El análisis de causalidad entre las variables macroeconómicas relevantes y los indicadores de estabilidad financiera se desarrolla en dos etapas. En la primera se utilizan modelos GAD para identificar y medir los efectos contemporáneos entre las variables macroeconómicas y financieras, utilizando datos observados entre octubre de 2003 y marzo de 2013. En la segunda etapa se complementa la metodología de los modelos GAD con la

de los modelos VAR estructurales (SVAR). En particular, los modelos GAD identifican el orden de causalidad de los choques contemporáneos de las principales variables del mercado de deuda pública y este orden se tienen en cuenta en la estimación del SVAR. Lo anterior garantiza la estimación de funciones impulso-respuesta consistentes (Swanson y Granger, 1997).

2.1 Modelos gráficos y gráficos acíclicos direccionados

Los modelos GAD son objetos matemáticos contruidos con flechas y nodos que se relacionan con datos, distribuciones de probabilidad y relaciones de causalidad. Más aún, los GAD son representaciones gráficas que permiten codificar el conocimiento de los expertos, y tener en cuenta sus creencias acerca del funcionamiento del problema bajo estudio, que en este caso corresponde al mercado de deuda pública y la estabilidad financiera. En síntesis, los modelos gráficos probabilísticos son mapas con estructuras de dependencia a partir de una muestra determinada. Estos modelos tienen nodos que representan variables aleatorias, y arcos direccionados desde un nodo A hacia uno B que pueden ser interpretados como A “causa a” B . La ausencia de arcos entre nodos representa independencia condicional². Estos gráficos revelan la estructura de las asociaciones e independencias que podrían ser observadas si los datos fueron generados de acuerdo con los supuestos causales codificados en los GAD (Pearl, 2000).

La ventaja principal de esta metodología radica en el lenguaje gráfico, el cual provee una forma directa de analizar la causalidad en este mercado, evitando la notación algebraica utilizada en otras metodologías. Otra ventaja proviene del carácter estrictamente no paramétrico de la metodología que omite la especificación de formas funcionales particulares entre una variable dependiente, y , con las variables que la causan. Adicionalmente, en la estimación de los GAD se utiliza una forma de condicionamiento basada en los nodos colisionadores, asegurando la medición precisa de los efectos causales (Pearl, 2000).

En la primera etapa de análisis, la estimación de la causalidad contemporánea debe considerar un GAD con n nodos ordenados, X_1 hasta X_n , donde un valor particular de la distribución conjunta está representado por la $P(X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n)$. De acuerdo con la *regla de la cadena* de la teoría de la probabilidad, la función conjunta se factoriza de la siguiente forma:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i/x_1, \dots, x_{i-1})$$

2 Hay dos clases de modelos gráficos: no direccionados y direccionados, los cuales difieren en las pruebas de dependencia usadas a saber: el supuesto de independencia condicional en modelos de gráficos no direccionados establece que todos los nodos en A y todos los nodos en B son bloqueados por algún nodo en C ; esto implica que un nodo solitario, X_p , es independiente de todos los otros nodos en el gráfico derivado de sus vecinos.

Adicionalmente, teniendo en cuenta que en la estructura de una red el valor de un nodo particular está condicionado solamente por sus nodos antecesores, conocidos como nodos padres, esto se reduce a:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i / \text{Padres}(X_i)); \text{ dado que los nodos } \text{Padres}(X_i) \subseteq \{X_1, X_2, \dots, X_{i-1}\}.$$

Esta condición permite construir una red, dada una ordenación de los nodos. La red resultante será el único mapa independiente mínimo, *mapa-I*³. El algoritmo utilizado procesa cada nodo en orden, adicionándolo al GAD existente y añadiendo arcos para un conjunto mínimo de nodos *padre*, de tal forma que el conjunto de nodos *padre* hace al nodo actual *condicionalmente independiente* de los otros nodos que lo preceden. Los pasos del algoritmo en el diseño del mapa de causalidad son los siguientes:

1. Elegir el conjunto de variables relevantes, $\{X_i\}$
2. Elegir un orden para las variables, $\langle X_1, \dots, X_n \rangle$
3. Mientras haya variables restantes:
 - a. Agregar la próxima variable al GAD
 - b. Agregar arcos al nodo X_i de algún conjunto mínimo de nodos que ya están en la red, $\text{Raíces}(X_i)$, tal que la siguiente propiedad de independencia condicional se satisface:

$$P(X_i / X_1, \dots, X_m) = P(X_i / \text{Raíces}(X_i))$$
 Donde $X_1, \dots, X_m$ son todas las variables que preceden a X_i .
 - c. Definir la tabla de probabilidad condicional (TPC), para X_i
 - d. Hacer las correspondientes pruebas de independencia condicional e ir generando el esqueleto del gráfico.
4. Para medir el efecto causal se utiliza la siguiente expresión:

$$C(v_i, v_j, \tilde{x}) = \frac{\partial}{\partial x} E(v_i / do(v_j = x)) \Big|_{x=\tilde{x}}$$

De esta forma, se define el efecto causal del nodo v_i sobre el nodo v_j (Pearl, 2000).

2.2 Modelos SVAR

Los modelos SVAR son herramientas útiles en macroeconomía para identificar y estimar la estructura de causalidad de un sistema, utilizando la teoría económica y teniendo en cuenta el proceso generador de los datos. Los SVAR se utilizan en el análisis económico con funciones impulso-respuesta o mediante la descomposición de la varianza, lo cual requiere el uso de los *choques estructurales*. En este artículo, para encontrar el orden de causalidad apropiado entre los choques del SVAR, explotamos las ventajas de los modelos GAD, probando la independencia condicional entre los residuales de un VAR de

3 Mapas independientes (Mapas-I) se refiere a una red donde la independencia entre nodos se sugiere por la ausencia de un arco.

referencia estimado. Lo anterior es usado para hacer inferencias de las relaciones causales entre variables contemporáneas. La metodología es la siguiente:

El modelo VAR básico en su forma reducida:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + u_t$$

Donde

$Y_t = (y_{t1}, \dots, y_{tk})'$; A_j ($j = 1, \dots, p$) $k \times k$; son las matrices de coeficientes; u_t es el vector de proceso de ruido blanco, y $E(u_t u_t') = \Sigma_u$

El modelo SVAR (forma estructural):

$$\Gamma_0 Y_t = \Gamma_1 Y_t + \dots + \Gamma_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

$$\Gamma_0 = P^{-1}, \Gamma_j = P^{-1} A_j (j = 1, \dots, p)$$

En este artículo la elección de p está basada en información acerca de la estructura causal contemporánea estimada por las medias de los modelos gráficos. Las variables analizadas en esta investigación, las cuales se explican en detalle en la siguiente sección, son el PIB, la pendiente de la curva de rendimiento, la inflación, el *emerging market bond index* (EMBI, por su sigla en inglés), la deuda del gobierno y el indicador de riesgo, VaR:

$$Y = \begin{bmatrix} PIB_t \\ Pendiente\_CR_t \\ Inflación_t \\ EMBI_t \\ Deuda_t \\ Valor\ en\ riesgo_t \end{bmatrix}$$

Finalmente, el algoritmo se resume en tres etapas:

Obtener la matriz de residuales $\hat{u}_t$

Buscar la causalidad entre $u_{1t}, \dots, u_{kt}$ mediante el uso de los modelos GAD, lo que en efecto significa también la causalidad entre $y_{1t}, \dots, y_{kt}$.

Estimar las funciones impulso-respuesta del modelo SVAR.

3. MERCADO DE DEUDA PÚBLICA Y ESTABILIDAD FINANCIERA

En esta sección se presenta el GAD de referencia, el cual representa los diferentes flujos y variables que afectan el mercado de bonos gubernamentales y la estabilidad financiera en

Colombia (Diagrama 1). El diseño de este mapa tiene en cuenta el comportamiento histórico de las variables, diferentes aspectos teóricos acerca de las relaciones causales entre las variables involucradas y la información obtenida con entrevistas a personas expertas en el mercado de deuda pública y del sistema financiero. En las consultas participaron funcionarios del Ministerio de Hacienda responsables de la definición de las políticas para la emisión de los bonos, miembros de la Subgerencia Monetaria y de Reservas y del Departamento de Fiduciaria y Valores, del Banco de la República, y directores de departamentos de estudios económicos de diferentes bancos privados responsables de las decisiones de compra y administración de los bonos de deuda pública⁴. Estas entrevistas nos permitieron identificar los elementos que tienen en cuenta los bancos al adquirir títulos de deuda pública, así como los canales mediante los cuales diferentes variables económicas pueden afectar el mercado interno de bonos y la rentabilidad y estabilidad de las entidades financieras.

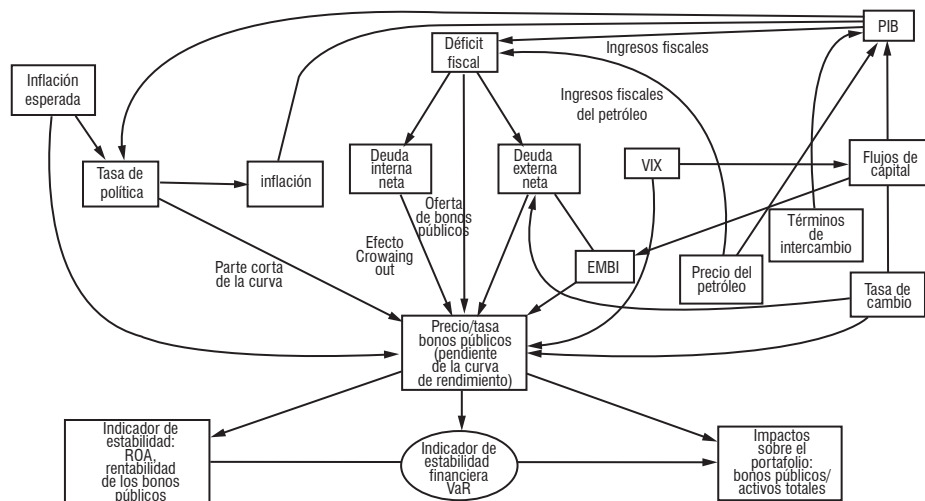
En general, los efectos de los diferentes choques externos e internos que afectan el mercado de deuda pública se expresan directamente en cambios sobre la tasa de interés, variable que a su vez afecta los precios, la valorización de los bonos y los indicadores financieros de los bancos. Teniendo en cuenta que las tasas se pueden afectar en forma diferente, dependiendo del plazo de maduración de los títulos, en este capítulo se usa la curva de rendimiento para evaluar el impacto de los choques en el mercado de deuda pública.

En la parte superior del mapa se presentan los canales mediante los cuales se afecta la tasa de interés de los títulos, así como las relaciones causales entre las diferentes variables. En el ámbito interno varios choques relacionados con la política monetaria y fiscal pueden afectar directa o indirectamente el mercado de deuda pública. Por ejemplo, la política fiscal está directamente relacionada con el mercado de deuda del gobierno, puesto que la oferta de títulos depende de su balance fiscal. En particular, un aumento del déficit fiscal requiere de mayores recursos de financiamiento internos o externos. De acuerdo con la teoría económica, un incremento en las necesidades de financiación se refleja en tasas de interés más altas, produciendo un desplazamiento de la inversión privada. Estas relaciones causales están representadas en el GAD con las flechas que conectan el crédito interno y el externo con las tasas de interés y el precio de los bonos. Como se mencionó, durante las dos últimas décadas los mercados de deuda pública se han desarrollado en economías emergentes, sugiriendo un incremento en el uso de recursos locales para financiar los déficits públicos. En Colombia la participación de la deuda interna en el total de la deuda ascendió de 24,2% en 1990 a 71,9% en junio de 2013.

4 Vale la pena aclarar que los jefes de estudios económicos de los bancos, además de participar en las decisiones sobre el manejo de la compra y venta de títulos, tienen conocimiento sobre el comportamiento macroeconómico del país, el mercado de deuda pública y las operaciones de tesorería. En general, las decisiones de los tesoreros de los bancos sobre compra y venta de títulos siguen los lineamientos de los jefes de estudios económicos.

Diagrama 1

Mapa de referencia de la relación entre el mercado de deuda pública y estabilidad financiera



Fuente: elaboración de los autores.

El balance fiscal está afectado por el comportamiento del ingreso o de los gastos del gobierno, o de ambos. En algunos casos, los ajustes en estas variables son discrecionales, pero en otros son el resultado automático de cambios en el PIB y en el precio del petróleo. Por ejemplo, un incremento en el PIB mejora los ingresos tributarios y, por ende, el balance fiscal. Así mismo, los aumentos en el precio del petróleo favorecen las rentas del gobierno y las finanzas territoriales. El balance fiscal también puede ser afectado indirectamente por ajustes en los términos de intercambio y en los flujos de capital⁵. Por otra parte, las innovaciones en la tasa de cambio impactan directamente los pagos de la deuda externa (Diagrama 1).

Con respecto a las variables que afectan el mercado de deuda mediante el canal monetario, sobresalen la inflación esperada y la observada, cuyas fluctuaciones tienen impacto en las decisiones de la Junta Directiva del Banco de la República sobre la tasa de interés de política, lo cual afecta directamente el precio de los bonos del Gobierno. En este caso, puede producirse un desplazamiento de la curva de rendimiento, cuando el impacto sobre las tasas de interés es similar para los bonos en todos los plazos. También, se puede afectar la pendiente de la curva, cuando el efecto sobre las tasas de corto plazo difiere de las de largo plazo. La inflación puede afectar directamente la curva de rendimiento, especialmente en la parte media y larga de la curva, debido a cambios en las expectativas de los

5 La relación entre flujos de capital y política fiscal se estudia en Lozano, *et al.* (2012).

agentes que participan en el mercado. Por otro lado, la reducción de la inflación hace que los títulos de tasa fija se vuelvan más atractivos.

Otra de las variables que puede afectar el precio de los bonos es el EMBI, que es la diferencia entre la tasa de interés de los bonos denominados en dólares estadounidenses que emite el gobierno colombiano y la tasa de los bonos del Tesoro estadounidense con el mismo vencimiento, considerados libres de riesgo. Este *spread* es usualmente observado por los inversionistas extranjeros cuando evalúan el desempeño de economías emergentes como la colombiana, y sus variaciones tienen impacto directo sobre los precios de los títulos de deuda pública. De forma similar, como se observa en el Diagrama 1, cambios en los flujos de capital causan movimientos en el EMBI, lo que indirectamente afecta el mercado de deuda pública. Además, se puede observar una relación bidireccional entre las innovaciones del EMBI y las del crédito externo (Diagrama 1).

El precio de los bonos de deuda interna en países emergentes está cada vez más relacionado con eventos internacionales, como los anuncios y ajustes en las tasas de interés en las economías avanzadas y los movimientos en el apetito por el riesgo de los inversionistas extranjeros. Este tipo de eventos se pueden medir con el *spread* entre el rendimiento de los bonos corporativos de los Estados Unidos y sus títulos de deuda pública. Los cambios en esta variable causan ajustes directos en el precio de los bonos soberanos de las economías emergentes, en particular en el tramo corto de la curva, como recientemente se observó durante la crisis financiera internacional.

Finalmente, la parte inferior del Diagrama 1 muestra las conexiones entre la tasa de interés de los títulos del Gobierno y las variables asociadas con la rentabilidad y con la estabilidad financiera de los bancos. Como se mencionó, los bancos cuentan con TES al vencimiento, TES disponibles para la venta y TES negociables. Estos últimos títulos son transados en el mercado secundario y su valoración depende de los precios de los bonos, cuyos cambios se reflejan en los balances de los bancos. El efecto sobre la rentabilidad y la estabilidad bancaria depende de la proporción de este tipo de papeles en su portafolio. La respuesta sobre la rentabilidad de los bancos ante cambios en el precio de los bonos del gobierno se evalúa mediante el retorno sobre los activos de los bancos (ROA: *return on assets*) y el rendimiento de los bonos públicos. Para medir la respuesta de los bancos, también se incluye como indicador la proporción de bonos públicos en el portafolio, con el fin evaluar posibles ajustes ante cambios en las valoraciones de los bonos.

Por último, como indicador de estabilidad financiera se escogió el *Value at Risk* (VaR), que es una medida de riesgo de mercado que calcula “la posibilidad de obtener pérdidas en las posiciones de un activo a causa de cambios en sus precios”, y que brinda elementos para que las instituciones no asuman riesgos más allá de un nivel máximo de pérdidas (Melo y Granados, 2010: 4). Para el análisis empírico usamos el VaR estimado por el Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República, el cual permite medir el riesgo de pérdida en posiciones de deuda pública debido a cambios en sus precios.

4. DATOS Y RESULTADOS

En esta sección se presentan y analizan de manera conjunta los resultados de los efectos contemporáneos obtenidos con el GAD y las funciones de impulso-repuesta estimadas

mediante los modelos SVAR. Las series utilizadas en la estimación del GAD y del SVAR incluyen el PIB, el EMBI, el VIX⁶, el déficit fiscal del gobierno central, el crédito interno y externo neto del gobierno, la inflación observada y esperada, la tasa de cambio, la tasa de interés de política monetaria, una medida de flujo de capitales, el precio del petróleo, los términos de intercambio y las tasas de interés de los TES. La información es mensual y cubre de octubre de 2003 a marzo de 2013. Las variables de origen interno provienen del Banco de la República, y el EMBI y el VIX, de Bloomberg. Para el ejercicio también se calcularon indicadores de rentabilidad bancaria y la participación de los TES en los portafolios de los bancos, para lo cual se utilizó la información proveniente de los estados financieros de estas entidades, como se explica más adelante.

Como indicador de la estructura de las tasas de interés de los bonos se utiliza la pendiente de la curva de rendimiento, la cual brinda información sobre las tasas de los bonos públicos a diferentes plazos de vencimiento y ofrece un marco completo de la estructura y el desarrollo del mercado de bonos públicos en el país. Para el ejercicio empírico se usa la diferencia entre la tasa mensual promedio de los bonos con vencimiento a diez años y la tasa mensual promedio de los bonos a un año. Estos plazos son representativos del mercado de deuda pública colombiano y reflejan el comportamiento global del mercado. La curva de rendimiento ha sido usada en la literatura para predecir el comportamiento de la economía, ya que ofrece información sobre la rentabilidad de la deuda del gobierno y de los retornos esperados de los planes de consumo de los agentes (Álvarez, Ramírez y Rendón, 2010).

En el caso del mercado colombiano, las tasas de corto y de largo plazos registran diferentes patrones de comportamiento a lo largo del período estudiado, lo cual se refleja en la pendiente de la curva de rendimientos. La diferencia entre las tasas de corto y largo plazos fue mayor entre 2003 y 2005, y entre mayo de 2009 y junio de 2011. Así mismo, la diferencia entre estas tasas fue menor entre enero de 2006 y abril de 2009, y desde julio de 2011 hasta marzo de 2013 (Gráfico 2). Estos períodos se pueden asociar a los diferentes episodios, explicados en la sección anterior.

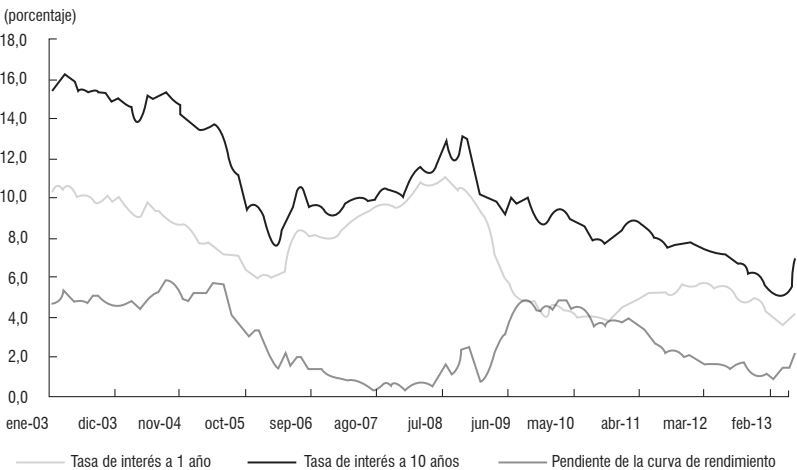
La identificación del orden de los choques y las variables requeridas para la estimación del SVAR, se realizó utilizando los modelos GAD, de acuerdo con el algoritmo propuesto en la sección metodológica. Las variables seleccionadas y el orden de los choques se presentan en el Diagrama 2.

El Cuadro 1 presenta los efectos contemporáneos de las innovaciones en diferentes variables macroeconómicas internas y algunos indicadores externos sobre la pendiente de la curva de rendimiento, calculados con el GAD y el Gráfico 3 presenta las funciones impulso-respuesta del modelo SVAR. Los resultados indican que un incremento en la inflación tiene un efecto contemporáneo negativo sobre la pendiente de la curva de rendimiento, lo cual es consistente con la respuesta obtenida mediante el SVAR para el primer periodo (Gráfico 3). Estos resultados sugieren que choques en la inflación alteran especialmente la tasa de interés de corto plazo de los bonos públicos, lo cual genera una reducción

6 Este índice corresponde al *Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index*, y mide el apetito por riesgo de los inversionistas internacionales.

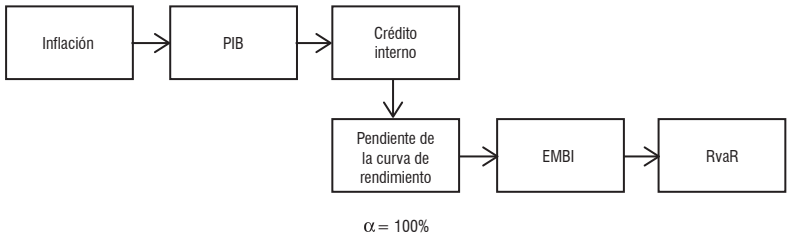
de la pendiente de la curva. A partir del tercer mes, la respuesta se torna positiva, sugiriendo ajustes en las tasas de interés de los bonos del gobierno (Gráfico 3).

Gráfico 2
Pendiente de la curva de rendimiento colombiana



Fuente: Banco de la República.

Diagrama 2
Configuración para la ordenación de los choques



Fuente: elaboración de los autores.

Cuadro 1
Efectos contemporáneos sobre la curva de rendimiento

Variables causales	Bandas	
Inflación	-0,1361	-0,1361
Tasa de cambio	-0,0550	-0,0790

Cuadro 1 (continuación)
Efectos contemporáneos sobre la curva de rendimiento

Inflación esperada	0,0000	0,0000
Tasa de interés de política	-0,3320	-1,3287
Flujo de capitales	-0,0007	-0,0002
Déficit fiscal	-1,0459E-05	-1,0459E-05
Crédito interno neto	5,1665E-05	5,1665E-05
Crédito externo neto	-1,1051E-04	-9,0619E-05
EMBI	0,0162	0,0162
VIX	-0,0213	-0,0213
Precio de Petróleo	-0,0351	-0,0351
Términos de intercambio	-0,0142	0,0696
PIB	-6,6883E-05	-6,6883E-05

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 3
Impulso-respuesta de la curva de rendimiento

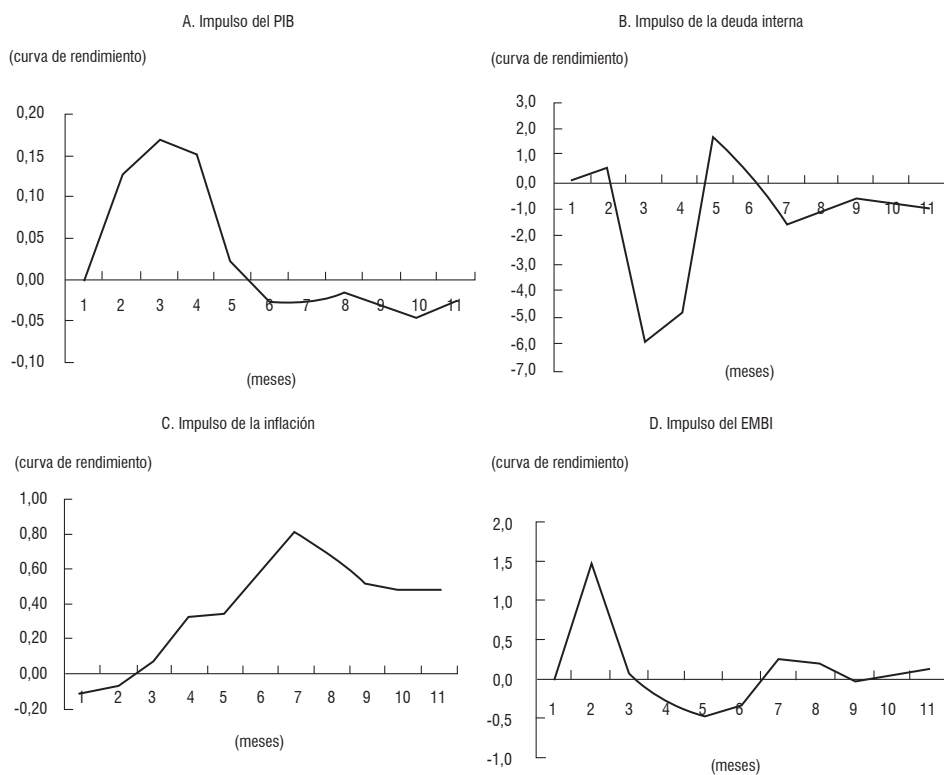
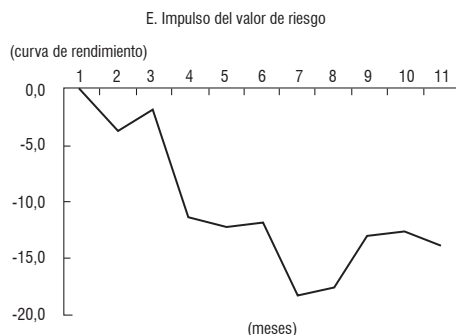


Gráfico 3 (continuación)

Impulso-respuesta de la curva de rendimiento



Fuente: cálculos de los autores.

Por su parte, la inflación esperada no muestra efectos causales contemporáneos en la curva de rendimiento, lo cual puede obedecer a que la inflación esperada afecta las tasas de los bonos en todos los plazos, debido al ajuste de las expectativas de los agentes, lo cual genera un desplazamiento de la curva de rendimiento manteniendo invariante la pendiente. Adicionalmente, la tasa de interés de política tiene un efecto negativo sobre la pendiente de la curva de rendimiento, ya que afecta directamente las tasas de los bonos de corto plazo. Esta relación entre la tasa de política y la de los títulos de deuda pública es consistente con los resultados encontrados por Cook y Hahn (1989).

Con respecto a las variables asociadas con la política fiscal, choques en el déficit tienen un efecto contemporáneo pequeño en la pendiente de la curva de rendimiento. De acuerdo con las entrevistas realizadas a los agentes del mercado, este resultado puede obedecer a que la preocupación de los bancos al tomar decisiones sobre la compra de bonos del gobierno no está centrada en el tamaño del déficit fiscal, sino en la liquidez del mercado de títulos, y en el perfil y concentración de los vencimientos de los bonos. Estos aspectos permiten evaluar mecanismos de fondeo a corto plazo y posibles dificultades en la respuesta al pago de bonos en las fechas de vencimiento. Por otro lado, entre 2003 y 2013 los resultados fiscales no mostraron cambios significativos en la deuda pública.

Por su parte, los resultados indican que un impacto en la deuda interna no tiene efecto contemporáneo sobre la pendiente de la curva de rendimientos, lo cual es consistente con los resultados para el déficit. No obstante, de acuerdo con los modelos SVAR, la respuesta se torna negativa en el tercer y cuarto períodos después del choque inicial (Gráfico 3). Este resultado se puede atribuir a que, una vez los agentes asimilan un problema fiscal, las tasas de interés de largo plazo tienden a aumentar por el ajuste en las expectativas sobre la estabilidad de la deuda. Si esta tendencia se mantiene, las tasas de corto plazo podrían también aumentar, cambiando la respuesta inicial de la curva, como se observa en el quinto mes de la función de impulso-respuesta (Gráfico 3). A partir del sexto mes la respuesta se estabiliza alrededor de cero, sugiriendo ajustes similares en las tasas de corto y de largo plazos.

Los choques en el crédito externo sobre la pendiente de la curva también son pequeños pero, a diferencia de la deuda interna neta, el efecto contemporáneo es positivo. Esta diferencia en el signo del efecto podría obedecer a que incrementos en el financiamiento externo podrían tener un impacto sobre la prima de riesgo del país y, en consecuencia, sobre la tasa de interés de los bonos locales de más largo plazo.

Por otra parte, los resultados del GAD indican que los choques en el PIB tienen efectos contemporáneos y pequeños sobre la curva de rendimiento. Sin embargo, de acuerdo con el modelo SVAR, la respuesta de la pendiente de la curva de rendimiento por choques en el PIB es positiva durante el segundo y tercer período, lo cual podría ser explicado por una reducción en las tasas de interés de corto plazo de los bonos. Esta disminución podría obedecer a que los choques positivos en la producción mejoran las expectativas sobre la economía y producen efectos favorables en la percepción del riesgo de los agentes nacionales y extranjeros. A partir del cuarto y quinto período se observa una caída en la pendiente de la curva, que podría ser el resultado de acciones de política monetaria que incrementan la tasa de interés de política para evitar presiones inflacionarias. A partir del sexto período, la pendiente de la curva se estabiliza alrededor de cero, indicando ajustes similares en las tasas de corto y de largo plazos de los bonos públicos (Gráfico 3).

Se debe tener en cuenta que el PIB puede responder a las fluctuaciones en los términos de intercambio y en los flujos de capital y, por ende, afectar la pendiente de la curva de rendimiento con efectos contemporáneos muy pequeños. Por otro lado, el precio del petróleo tiene un impacto positivo sobre el producto y las cuentas fiscales mediante los mayores ingresos petroleros que se generan, contribuyendo a reducir las necesidades de financiamiento del gobierno. El efecto contemporáneo de esta variable sobre la pendiente de la curva es negativo.

Con respecto al indicador de percepción del riesgo soberano, medido por el EMBI, se encuentra que aumentos en esta variable, en términos generales, producen incrementos en las tasas de los bonos de deuda pública en todos los plazos, ocasionando un desplazamiento de la curva de rendimiento. No obstante, se observa un pequeño efecto positivo del EMBI sobre la pendiente de la curva (Cuadro 1). El impulso-respuesta obtenido mediante el SVAR para el primer periodo confirma este resultado. La respuesta en el segundo período es positiva, sugiriendo un mayor impacto sobre las tasas de interés de largo plazo, por el efecto del EMBI sobre la percepción de riesgo de los inversionistas. A partir del tercer mes los efectos tienden a estabilizarse (Gráfico 3).

Por su parte, el VIX, que es un indicador del apetito por el riesgo de los inversionistas extranjeros, y que está relacionado con el EMBI (Julio, Lozano y Melo, 2012), tiene un efecto negativo sobre la curva de rendimiento. Lo anterior sugiere una mayor incidencia sobre la tasa de interés de corto plazo de los bonos, probablemente por los ajustes en las perspectivas sobre el desempeño de la economía mundial, lo cual genera cambios en la demanda de los bonos en economías emergentes.

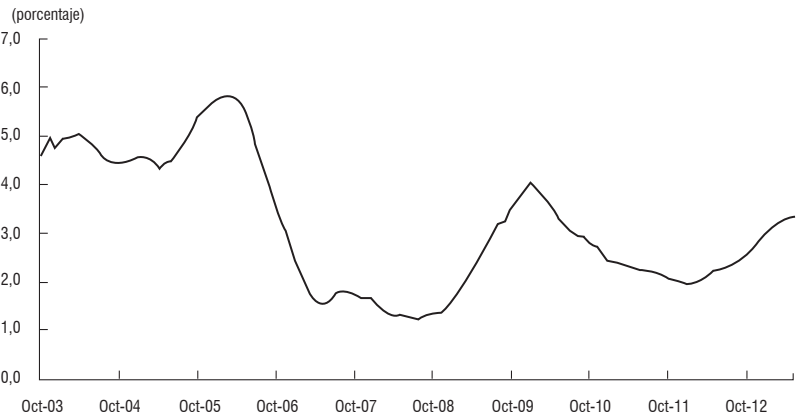
A continuación se evalúan los cambios que la pendiente de la curva de rendimiento genera en los indicadores de rentabilidad y estabilidad financiera (Cuadro 2). Para medir la rentabilidad de los bancos se incluye el indicador ROA y el rendimiento de los bonos públicos, medido como la razón entre los beneficios o pérdidas contabilizadas por la posesión de bonos y el saldo de los bonos públicos en el portafolio de los bancos. El comportamiento de esta razón para el período de análisis se observa en el Gráfico 4.

Cuadro 2
Efectos contemporáneos sobre la rentabilidad y estabilidad de los bancos

Variable causal: pendiente de la curva de rendimiento	
ROA	0,0037
Rendimiento de los bonos públicos	0,5122
Bonos públicos / activos totales	1,5579
Value at risk (VaR)	0,0002

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 4
Rentabilidad de los TES en poder de los bancos



Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el GAD, el efecto contemporáneo de los cambios en la curva sobre los dos indicadores de rentabilidad es positivo. Este resultado puede tener origen en la ventaja que toman los bancos de las fluctuaciones de la pendiente de la curva de rendimiento cuando realizan sus operaciones en el mercado secundario de bonos. Adicionalmente, los resultados indican que las innovaciones en la pendiente de la curva de rendimiento generan ajustes contemporáneos positivos en la proporción de los bonos públicos dentro del total de activos de los bancos. Ello puede obedecer a la recomposición del portafolio de los bancos, ante los aumentos en la rentabilidad de los títulos del gobierno.

Por otro lado, en cuanto a la respuesta sobre la estabilidad financiera, medida con el indicador de riesgo de mercado, VaR, los resultados señalan que un incremento en la pendiente de la curva de rendimiento tiene un efecto pequeño y positivo en este indicador.

Este resultado obedece a la respuesta rápida que tienen los bancos para ajustar sus portafolios ante cambios en la curva de rendimiento. En efecto, de acuerdo con las entrevistas realizadas a los agentes del mercado, los bancos observan diariamente este

indicador y, ante pequeños movimientos que sean persistentes, toman decisiones para ajustar rápidamente el portafolio. Por otro lado, vale la pena señalar que la situación relativamente estable de las finanzas del gobierno central durante el período de análisis también pudo contribuir a explicar el efecto pequeño que los cambios en la curva de rendimiento de los títulos tuvieron sobre la estabilidad bancaria, lo cual podría ser diferente en un contexto de crisis fiscal.

Estos resultados son consistentes con el impulso-respuesta obtenido mediante el SVAR para el primer período. La respuesta positiva puede ser el resultado del riesgo que los bancos toman por movimientos en los precios de los bonos en el corto plazo. La respuesta en el indicador de riesgo se reduce en el tercer y cuarto período debido a los ajustes que realizan los bancos ante los cambios en el mercado, lo cual refleja el comportamiento de los bancos de acuerdo con las entrevistas realizadas. A partir del quinto período, la variable se estabiliza alrededor de cero.

Finalmente, las funciones impulso-respuesta provenientes del SVAR indican que cambios en la inflación, en la deuda interna neta, en el EMBI y en el PIB tienen un impacto negativo sobre el VaR durante los dos primeros periodos, y desde el tercero tienden a estabilizarse alrededor de cero (Gráfico 5).

Gráfico 5
Impulso-respuesta del indicador de riesgo (VaR)

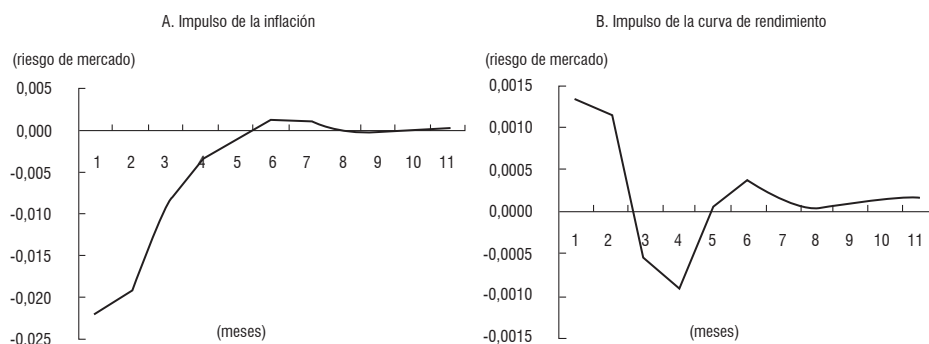
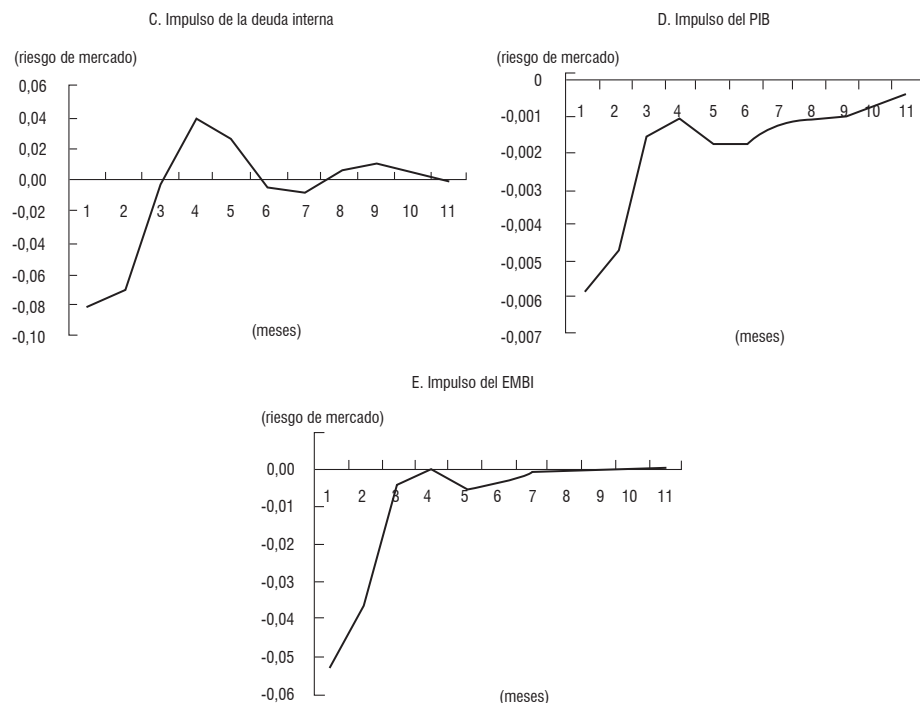


Gráfico 5 (continuación)
Impulso-respuesta del indicador de riesgo (VaR)



Fuente: cálculos de los autores.

5. CONCLUSIONES

En este estudio se utilizaron modelos GAD y SVAR para evaluar el impacto de diversos choques económicos sobre la pendiente de la curva de rendimiento, así como sobre la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera. Aunque el sector financiero se ha beneficiado del desarrollo del mercado de deuda pública, al disponer de una forma alternativa para invertir sus recursos y diversificar el riesgo, la volatilidad en este mercado conlleva riesgos potenciales, relacionados con la liquidez y la solvencia de los bancos.

Los mercados de deuda pública son afectados por choques económicos internos y externos que se manifiestan en la pendiente de la curva de rendimiento, la cual proporciona información sobre el comportamiento de las tasas de los bonos a distintos plazos, por lo que ofrece un marco completo sobre la estructura y el comportamiento del mercado de bonos. Por su parte, los cambios en la pendiente de la curva tienen efectos sobre la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera.

A partir de los resultados de los GAD, así como de las funciones impulso-respuesta, de los SVAR se concluye que la inflación, la tasa de interés de política y el indicador del apetito de riesgo internacional (VIX), son las variables que mayor impacto negativo tienen sobre la pendiente de la curva de rendimiento, lo que sugiere que, en el caso

colombiano, estas afectan el tramo corto de la curva. Por otro lado, se destaca el efecto positivo del EMBI sobre la pendiente de la curva de rendimiento. Este resultado puede ser explicado por el efecto de este indicador de riesgo sobre las tasa de interés en todos los plazos, especialmente las de largo plazo.

Es importante destacar que el déficit fiscal y su financiamiento, contrario a lo que podría esperarse, tienen solo un pequeño efecto contemporáneo sobre las tasas de interés de los bonos. Esto puede estar relacionado con la situación fiscal observada durante el período bajo estudio, la cual se caracterizó por una reducción del tamaño del déficit. Adicionalmente, los bancos en general tienen una visión de corto plazo a la hora de tomar decisiones sobre la inversión de títulos de deuda pública, y evalúan principalmente la estructura y el perfil de vencimientos de los bonos, antes que el resultado fiscal del gobierno.

Por último, cuando la brecha entre las tasas de corto y largo plazos se amplía, la respuesta contemporánea en la rentabilidad de los bancos es positiva, lo que sugiere que en el corto plazo los bancos toman ventaja de los movimientos de la curva de rendimiento, lo cual se refleja en las transacciones en el mercado secundario. Como resultado, los bancos tienden a aumentar la participación de los bonos en sus portafolios. Del mismo modo, hay un efecto contemporáneo positivo en el indicador de riesgo debido a los cambios en la pendiente, lo que disminuye de forma dinámica y tiende a estabilizarse en torno a cero. Este resultado sugiere un pequeño impacto en esta dimensión de la estabilidad financiera.

REFERENCIAS

- Álvarez, M.; Ramírez, A.; Rendón, A. (2010). “La curva de rendimientos como un indicador adelantado de la actividad económica, el caso colombiano: período 2001-2009”, *Ecos de Economía*, núm. 31. Universidad Eafit, p. 39.
- Awokuse, T. O. (2006). “Export-led Growth and the Japanese Economy: Evidence from VAR and Directed Acyclic Graphs”, *Applied Economics*, núm. 38, pp. 593–602.
- Awokuse, T. O.; Bessler, D. A. (2003). “Vector Autoregressions, Policy Analysis, and Directed Acyclic Graphs: An Application to the U.S. Economy”, *Journal of Applied Economics*, núm. 6, vol. 1.
- Banco de la República (1999). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*, julio.
- Banco de la República (2007). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*, marzo.
- Banco de la República (2008). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*, julio.
- Banco de la República (2013). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*, julio.
- Banco de la República (2002). *Reporte de Estabilidad Financiera*, diciembre.
- Banco de la República (2007). *Reporte de Estabilidad Financiera*, marzo.
- Banco de la República (2008). *Reporte de Estabilidad Financiera*, septiembre.
- Bessler, D. A.; Yang, J. (2003). “The Structure of Interdependence in International Stock-markets”, *Journal of International Money and Finance*, núm. 22, pp. 261-287.

- BIS (2007). “Financial Stability and Local Currency Bond Markets”, *CGFS Papers*, núm. 28. Committee on the Global Financial System, Bank for International Settlements.
- Cook, T.; Hahn, T. (1989). “The effect of Changes in the Federal Funds Rate Target on Market Interest Rates in the 1970s”, *Journal of Monetary Economics*, núm. 24, pp. 331-351.
- Das, U.; Papapioannou, M.; Pedras, G.; Ahmed, F.; Surti, J. (2010). “Managing Public Debt and Its Financial Stability Implications”, working paper, núm. 280, Fondo Monetario Internacional.
- Favero, C. A.; Giavazzi, F. (2004). “Inflation Targeting and Debt: Lessons from Brazil”, working paper, núm. 10390, National Bureau of Economic Research.
- Hoover, K. (2006). “Economic Theory and Causal Inference”, en Gabbay, D. M., P. Thagard y J. Woods (2012), *Philosophy of Economics: Handbook of the Philosophy of Science*, pp. 105-107, Oxford: Elsevier.
- Julio, J. M.; Lozano, I.; Melo, L. (2012). “Quiebre estructural de la relación entre la política fiscal y el riesgo soberano en las economías emergentes: el caso colombiano”, Borradores de Economía, núm. 693, Banco de la República.
- Lozano, I.; Melo, L.; Ramos, J. (2012). “Flujos de capital y política fiscal en las economías emergentes de América Latina”, Borradores de Economía, núm. 702, Banco de la República.
- Mehrotra, A.; Miyajima, K.; Villar A. (2012). “Developments of Domestic Government Bond Markets in EMEs and their Implications”, en Bank for International Settlements, *Fiscal Policy, Public Debt and Monetary Policy in Emerging Market Economies*, *BIS Papers*, núm. 67. Monetary and Economic Department, Bank for International Settlements.
- Melo V.; L. F.; Granados C., J. C. (2010). “Regulación y valor en riesgo”, Borradores de Economía, núm. 615. Banco de la República.
- Pearl, J. (2000). *Causality: Models, Reasoning, and Inference*, New York: Cambridge University Press.
- Rodríguez, R. A. (2005). “Colocar menos cartera e invertir en TES: ¿una decisión óptima? Análisis de las inversiones en la banca colombiana, 1995-2003”, Documento CEDE, 2005-1, Universidad de los Andes.
- Spirtes, P.; Glymour, C.; Scheines, R. (2000). *Causation, Prediction, and Search*, Cambridge, MIT Press.
- Swanson, núm.; y Granger, C. (1997). “Impulse Response Function Based on a Causal Approach to Residual Orthogonalization in Vector Autoregressions”, *Journal of American Statistical Association*, vol. 92, núm. 437, pp. 357-367.

15. DESCALCES CAMBIARIOS Y SU EFECTO SOBRE LA INVERSIÓN EN COLOMBIA

**Sergio Restrepo
Jorge Niño
Enrique Montes***

En los mercados financieros actuales, gobiernos, bancos, firmas no financieras e incluso los hogares realizan o reciben pagos no solo en moneda local sino extranjera. De manera similar, la composición por monedas de sus activos o pasivos puede diferir. Cuando el patrimonio o los flujos de ingresos netos son sensibles a cambios en la tasa de cambio, se dice que existe descalce cambiario. El aspecto del descalce cambiario relacionado con los saldos está dado por la sensibilidad de la hoja de balance (patrimonio neto) ante variaciones de la tasa de cambio, mientras que lo relacionado con los flujos está dado por la sensibilidad del estado de resultados ante fluctuaciones en ingresos o egresos por tasa de cambio. Entre mayor sea el grado de sensibilidad (del patrimonio neto o del ingreso neto) a las fluctuaciones en la tasa de cambio, mayor será el grado de descalce cambiario.

La crisis del sudeste asiático de finales de los años noventa puso de manifiesto la vulnerabilidad financiera vinculada con el endeudamiento en moneda extranjera. Si este es muy alto y genera un descalce de monedas entre el flujo de ingresos y egresos, puede afectar negativamente los balances financieros de las empresas y reducir el crecimiento de la firma. Al depreciarse la moneda local aumenta la relación deuda/activos, se incrementa el servicio de la deuda en proporción a los ingresos y se elevan los costos de acceso por parte de los agentes económicos a fuentes de financiamiento externas. Para las firmas del sector privado, principalmente del sector no transable, estos efectos de balance impactan de forma negativa sus planes de inversión y producción y, ocasionalmente, pueden llevarlas a la insolvencia. Por el contrario, cuando firmas pertenecientes al sector transable

* Los autores son, en su orden, profesionales especializados y jefe de la sección de Sector Externo del Banco de la República. Los resultados y opiniones son responsabilidad exclusiva de los autores y su contenido no compromete al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Los autores agradecen a Marcela Eslava, Jair Ojeda y José Eduardo Gómez por sus valiosos comentarios.

que no calzan sus flujos de ingresos y egresos, bien de manera “natural” o haciendo uso de coberturas cambiarias, una apreciación puede afectar su relación ingresos/activos, lo que también puede llevarlas a incurrir en situaciones de insolvencia.

Teniendo en cuenta las potenciales implicaciones para la vulnerabilidad agregada, monitorear el tamaño y los efectos de los descalces cambiarios es un aspecto importante para las autoridades de las economías emergentes, así como entender sus determinantes micro y macroeconómicos. En particular, los roles de las políticas monetarias y cambiarias son relevantes. Por un lado, al modificar las tasas de interés internas, la política monetaria altera los costos relativos de la deuda interna y externa. Por otro lado, al cambiar la percepción de riesgo en la deuda externa, la política cambiaria altera los riesgos relativos del endeudamiento en moneda extranjera. En este contexto la depreciación o apreciación de la moneda puede tener efectos contractivos a nivel agregado. Calvo *et al.*, Izquierdo y Mejía (2004) muestran que una combinación de déficit en la cuenta corriente y una alta dolarización es un coctel muy peligroso. Determinar dicho efecto es el objetivo del presente documento, lo que contribuirá en la discusión acerca de la conducción de las políticas monetaria y cambiaria en el país. La firma de numerosos tratados de libre comercio (TLC) y el hecho de que las empresas pertenecientes a los sectores transables se están viendo afectadas por la apreciación del peso, hace relevante el presente estudio para analizar los efectos que tienen las variaciones en la tasa de cambio sobre la inversión y la producción del país.

Los efectos de hoja de balance sobre la inversión y la producción dependen de las imperfecciones del mercado de capitales. De acuerdo con la literatura del canal de crédito (véase Bernanke y Gertler, 1995), la información imperfecta crea una brecha entre la financiación interna y externa. Un choque adverso al patrimonio neto de una empresa con restricciones financieras aumenta su costo de financiamiento externo y disminuye la capacidad o incentivo para invertir y poner en práctica los planes de producción. El impacto debería ser distinto para cada empresa, siendo más fuerte para las que se enfrentan a una prima más alta de costos financieros externos relativos al costo de la financiación interna (Hubbard, 1998). Existe evidencia empírica sustancial de que las *proxies* de patrimonio neto afectan más a la inversión de empresas con bajo patrimonio neto que a las empresas de alto patrimonio neto (Hubbard, 1998). Por tanto, en la medida en que el tipo de cambio y las variaciones de tipos de interés afectan al patrimonio neto de las empresas, el efecto de balance debe importar para determinar la inversión. Las empresas verán deteriorada su situación financiera si tienen un porcentaje sustancial de deuda a tasas de interés variables, y la tasa relevante de interés real aumenta. Esto puede ocurrir si tienen deuda en moneda extranjera y el tipo de cambio real se deprecia, lo que implicaría un efecto de hoja de balance por tasa de cambio. Un efecto de tipo de interés se produciría cuando las empresas tienen un monto considerable de deuda interna de corto plazo o deuda de largo plazo contratada a tasas variables, pues sus préstamos harán *roll over* a tasas más altas.

En el análisis que se describe aquí se encontró que en los períodos siguientes a una depreciación, al controlar adecuadamente por las diferencias en la composición por monedas de los activos, ingresos y posiciones netas de derivados, las empresas con mayor deuda en dólares presentan un desempeño inferior que aquellas empresas con solo deuda en pesos. En otras palabras, el comportamiento de la tasa de cambio genera un efecto de balance importante. Adicionalmente, dado el bajo volumen de transacciones de derivados

financieros por parte de las empresas, los derivados no desempeñan un papel significativo en la empresa para aislar la inversión ante choques de tipo de cambio.

Contrario a lo que Cowan *et al.* (2005) encontraron en un trabajo análogo para las empresas chilenas, en Colombia no se hallaron pruebas de calce de monedas en las empresas. La evidencia indica que las empresas en Colombia no reducen activamente los riesgos asociados con las posiciones abiertas en divisas, para de esta forma poder elegir la composición monetaria tanto de su deuda como de sus posiciones en derivados. En general, las empresas no hacen coincidir la composición monetaria de su deuda con la de sus ingresos y activos, y tampoco utilizan activamente los derivados financieros en caso de no existir coberturas naturales. Este último resultado (que las empresas utilizan los derivados como un sustituto para las coberturas reales) tampoco está en consonancia con lo hallado para Asia por Allayanis y Weston (2001).

El presente trabajo está dividido en cuatro secciones, aparte de esta introducción. En la primera sección se hará un recuento de la literatura sobre descalces cambiarios, en el que se resumirán los principales resultados de trabajos similares. En la segunda sección para un grupo de empresas del sector real se describirán los resultados sobre algunos indicadores de descalce cambiario, lo que permite realizar una aproximación cualitativa al grado de exposición cambiaria de las firmas en Colombia y vislumbrar en qué sectores el efecto contractivo podría ser más fuerte en caso de ocurrir una depreciación brusca de la tasa de cambio. La tercera sección expondrá la estrategia empírica y sus principales resultados; en la cuarta sección se presentarán las conclusiones.

1. RESUMEN DE LA LITERATURA

Varios estudios empíricos han utilizado datos por firma para medir efectos de balance generados por el incremento del valor en pesos de la deuda denominada en dólares, causado por una depreciación cambiaria. Los resultados no son del todo concluyentes. Algunos encuentran que, en el período inmediatamente posterior a una devaluación, las firmas endeudadas en dólares no invierten relativamente menos que las firmas con deuda denominada en pesos. Otros, por el contrario, concluyen que efectivamente el efecto de balance es importante y estadísticamente significativo.

El documento que aborda de manera más integral y con información más completa del balance corresponde al trabajo de Cowan *et al.* (2005), donde con una base con información por firma, en la que controlan por la moneda en la que se encuentran denominados los pasivos, activos, derivados financieros netos e ingresos, encuentran un efecto de balance significativo. Adicionalmente, el trabajo de Bleakley y Cowan (2005) toma una muestra de 450 firmas no financieras de cinco países latinoamericanos y no encuentra un efecto de balance negativo y significativo. Los autores argumentan que este resultado se debe a que las firmas calzan la composición de sus pasivos con la de sus activos e ingresos, por lo que ante una devaluación cambiaria, no solo se incrementa el valor en pesos de la deuda sino también los ingresos percibidos y la valoración de los activos. En línea con estos resultados, Galindo *et al.* (2003) muestran que las firmas latinoamericanas calzan la composición de su deuda con la composición de su flujo de ingresos. Tanto en el nivel micro como en el macro sugieren que la dolarización de los pasivos puede reducir

y, en ciertos casos, revertir el resultado expansionista del modelo Mundell-Flemming. Bonomo *et al.* (2003), utilizando una muestra de firmas brasileñas, encuentran que las grandes tienden a cambiar de manera más constante la composición de monedas de su deuda, como respuesta a riesgos de tipo de cambio, frente a las empresas pequeñas. Además, hallan que las empresas con mayores niveles de deuda en moneda extranjera tienden a invertir menos luego de una depreciación cambiaria. Benavente *et al.* (2003), para una muestra de firmas chilenas, y Echeverry *et al.* (2003), para una muestra de más de 8.000 firmas colombianas, tampoco estiman un coeficiente negativo y significativo para la interacción entre la deuda en dólares y la depreciación del tipo de cambio. Kamil (2012), usando una base de datos por firma con la estructura de activos y pasivos por monedas para seis economías latinoamericanas, encuentra que luego de que los países pasaran de un régimen de tipo de cambio fijo a uno flexible, los niveles de endeudamiento en moneda extranjera disminuyen y, a su vez, las empresas calzan la composición por monedas de sus activos con la de sus pasivos e ingresos por exportaciones, reduciendo así su vulnerabilidad ante choques de tipo de cambio.

Arbeláez *et al.* (2010) evalúan entre los años 1997 y 2008 el efecto de la tasa de cambio real sobre las ganancias e inversión de las empresas y los determinantes de la composición de su deuda. Los autores concluyen que: i) la inversión de la firma no se ve afectada por variaciones en la tasa de cambio real; ii) el efecto negativo del balance producto de una devaluación se compensa por el efecto ingreso; iii) las firmas se benefician de devaluaciones, y iv) son afectadas negativamente por una apreciación de la tasa de cambio real. Echavarría y Arbeláez (2005), usando el modelo sugerido por Bleakley y Cowan (2008) para analizar el impacto de la tasa de cambio real sobre la inversión, las ventas y las utilidades de las empresas colombianas entre 1994 y 2002, encuentran un impacto claramente positivo de la devaluación. Al igual que Arbeláez *et al.* (2010), el efecto negativo del balance, producto de una devaluación, se compensa por el efecto ingreso.

Kandilov y Leblebicioğlu (2011) estiman el impacto de la volatilidad del tipo de cambio en las decisiones de inversión de las empresas colombianas. Empleando datos del censo manufacturero, estiman una ecuación de inversión dinámica utilizando el sistema GMM. Encuentran un impacto negativo fuerte de la volatilidad del tipo de cambio sobre la inversión en planta y equipo.

Por su parte, Luengnaruemitchai (2004) estudia el impacto de las depreciaciones sobre la inversión de firmas no financieras de Asia, una región donde la importancia de la hoja de balance se percibe como muy prominente y que, por tanto, se menciona constantemente para ejemplificar los riesgos asociados con los descalces de monedas durante la crisis financiera que sufrió la región a fines de los años noventa. En este trabajo el autor no logra identificar un efecto negativo y significativo de la variable interactiva entre la deuda en dólares y la tasa de depreciación cambiaria, incluso llega a encontrar relaciones positivas. Sin embargo, Rodríguez (2003), controlando por nivel de inversión previa a la crisis, encuentra evidencia que indica que los desbalances cambiarios desempeñaron un papel estadísticamente significativo en la explicación de la disminución de inversión en Tailandia durante y después de la crisis asiática.

Otros estudios que hallaron evidencia entre descalces cambiarios no cubiertos y crecimiento económico son Zettelmeyer *et al.* (2010) y Endresz *et al.* (2012). El primero analiza el fuerte impacto negativo que tuvo la crisis financiera de 2008 y la posterior

crisis del euro sobre las empresas de Europa del Este. La poca credibilidad en las políticas monetarias de estos países derivó en alta dolarización de los pasivos empresariales no cubiertos con posiciones activas o con suficientes ingresos en moneda extranjera. La devaluación de las monedas locales afectó negativamente los balances de las firmas del sector real, repercutiendo en forma significativa sobre el crecimiento de la región. El segundo estudio, trabajando con balances de firmas húngaras, identifica aquellas con descalces cambiarios y examina su comportamiento durante de la crisis de 2008. Muchas de esas firmas descalzadas no tenían cobertura natural y absorbían una parte considerable de los préstamos bancarios locales antes de la crisis. Para estas empresas, el efecto negativo sobre la hoja de balance ocasionado por la elevada devaluación de la moneda local, implicó hacia futuro menor inversión y fueron las que más quiebras sufrieron.

Hay varias explicaciones posibles para el caso en el que no se encontró relación entre desbalances de monedas e inversión. La primera se relaciona con la forma en que se mide la exposición cambiaria, y con la posibilidad de que las firmas con más deuda en dólares estén calzadas. Así, a pesar de que las firmas con más deuda en dólares se ven afectadas por un efecto de balance contractivo, este sería compensado por un efecto competitividad derivado del hecho de que tienen activos denominados en dólares o de que sus ingresos están positivamente correlacionados con las depreciaciones cambiarias. Coherentes con esta hipótesis, los estudios que controlan en parte por el efecto competitividad encuentran que, inmediatamente después de una depreciación, las firmas más endeudadas en dólares invierten relativamente menos. En otras palabras, después de controlar por el efecto competitividad, existe un efecto de balance negativo y significativo (Aguiar, 2002; Pratab *et al.*, 2003). Afín con esto, Céspedes *et al.* (2000) estudian la relación entre la tasa de cambio, hojas de balance y producción para una economía pequeña y abierta. Encuentran que cuando las empresas tienen sus pasivos dolarizados, una depreciación real tiene efectos en detrimento del patrimonio, lo cual restringe la inversión debido a fricciones financieras.

La segunda explicación se relaciona con la endogeneidad de las decisiones de exposición cambiaria. En particular, existe extensa literatura teórica y empírica que sostiene que las firmas determinan su nivel óptimo de exposición al riesgo según la propensión de la firma a enfrentar situaciones de restricción financiera e iliquidez. En particular, Froot *et al.* (1993) desarrollan un modelo donde el costo de enfrentar una situación de iliquidez o estrés financiero es la pérdida de oportunidades de inversión. En este contexto, la cobertura cambiaria reduce el costo del financiamiento externo y mitiga los problemas de subinversión descritos por Myers (1977). Las implicaciones de estos resultados son que aquellas firmas que son más propensas a sufrir situaciones financieras críticas o tienen mayores oportunidades de inversión estarán más dispuestas a asumir los costos de un programa de cobertura de riesgos financieros, incluidos los cambiarios. Por el contrario, cuando una firma escoge asumir mayor exposición cambiaria, será precisamente porque sus decisiones de inversión son menos sensibles a los efectos de balance. Un trabajo de especial importancia, que va en línea con lo anterior, es el de Ranciére *et al.* (2010), quienes construyen una medida de descalce cambiario tomando los préstamos del sector bancario a las firmas sin ningún tipo de cobertura para los países de la Europa emergente. Encontraron que incrementos en el descalce cambiario están asociados con mayores tasas de crecimiento en períodos de tranquilidad, pero a su vez con crisis más severas y profundas. El efecto neto, luego de controlar por los períodos de crisis, es de una correla-

ción positiva entre descalces cambiarios y crecimiento. Estos resultados se corroboraron al ampliar la muestra a más países emergentes.

Desde el punto de vista empírico, la evidencia que busca explicar las coberturas de las firmas se ha centrado principalmente en la decisión de usar o no instrumentos derivados. Geczy *et al.* (1997), y Allayanis y Ofeck (2001), utilizando datos de las 500 firmas estadounidenses no financieras listadas en Forbes, encuentran que el uso de derivados está positivamente correlacionado con las oportunidades de inversión, medidas con el gasto en investigación y desarrollo, el tamaño de la firma y la interacción entre la deuda total y la razón entre valor de mercado y valor en libros (otra medida de las oportunidades de crecimiento de la firma); y negativamente correlacionado con el grado de liquidez de la firma. Por su parte Bartram *et al.* (2004), utilizando datos de derivados de moneda, tasa de interés y *commodities* de 7.000 firmas no financieras en 48 países, encuentran que las empresas que utilizan más derivados de moneda coinciden con aquellas que tienen ingresos generados por ventas en el extranjero, se cotizan en bolsas extranjeras o mantienen deuda denominada en moneda extranjera. Adicionalmente, las firmas utilizan más cobertura cambiaria si tienen más deuda total, menor razón de liquidez y mayor razón entre valor de mercado y libro.

Allayanis *et al.* (2001) estudian la cobertura cambiaria en firmas no financieras para las economías del sudeste asiático entre los años 1996-1998. Afín con los resultados encontrados para Colombia, y a diferencia de la evidencia que se presenta en los estudios para los Estados Unidos, aquella no apoya las teorías de cobertura descritas. En particular, encuentran que las firmas con mayores restricciones de liquidez y las que tienen mayores oportunidades de inversión no utilizan más derivados. Más aún, encuentran que las firmas usan derivados cambiarios como sustitutos de los ingresos en moneda extranjera generados por ventas externas. Adicionalmente, encuentran que las empresas en aquellos países donde los *spreads* de tasas de interés son lo suficientemente grandes, tienen menor grado de cobertura. Lo anterior sugiere que en este caso las firmas compensan el mayor riesgo asociado con la cobertura cambiaria con un menor costo del financiamiento externo.

Por último, Kamil *et al.* (2012), usando información de balances y de *forwards* para 19.000 firmas públicas y privadas colombianas entre 2005 y 2007, encuentran evidencia sólida de que en Colombia los derivados han sido utilizados para cubrir en el corto plazo vencimientos de obligaciones en ME, especialmente por firmas que están más involucradas en el comercio internacional. Afirman, además, que las grandes empresas han logrado captar deuda externa sin aumentar la exposición cambiaria gracias a la utilización de derivados. También, que el resultado es consistente con el hecho de que no había informes de importantes pérdidas durante la crisis financiera en 2008.

2. HECHOS ESTILIZADOS

Para este trabajo contamos con información trimestral por empresa entre 2005 y 2012 para datos de exportaciones, importaciones, posiciones netas y brutas en derivados financieros, deuda externa (incluyendo pagos de intereses y comisiones), deuda interna en moneda extranjera, activos en el exterior, flujos de inversión extranjera directa, inversión

colombiana en el exterior y sus respectivas rentas. Es importante señalar que esta aproximación aborda el tema con información completa del flujo de ingresos y egresos de todas las firmas en Colombia que realizan transacciones con el exterior y con el mercado local en moneda extranjera.

2.1 Base de datos

Nuestra muestra se basa en información contable de firmas colombianas pertenecientes al sector real para el período 2005-2012. Nuestra principal fuente corresponde a la información contable que por ley las empresas reportan a la Superintendencia de Sociedades (Supersociedades). Estas bases contienen datos estandarizados para todas las sociedades anónimas abiertas que cumplan con los siguientes requisitos:

1. Un total de activos, incluidos los ajustes integrales por inflación, superior al equivalente a treinta mil salarios mínimos legales mensuales vigentes (SMLMV) o
2. Ingresos totales, incluidos los ajustes integrales por inflación, superiores al valor de treinta mil SMLMV.

La información con respecto a la denominación por monedas de la deuda y de los activos no es reportada directamente en los balances, pero sí se registra en el Departamento de Cambios Internacionales del Banco de la República. Considerando esto, comenzamos incorporando esta información de deuda y activos en dólares a los balances, para posteriormente agregar la de exportaciones e importaciones.

Para nuestras estimaciones econométricas utilizamos una muestra de firmas del sector real para las cuales la información de deuda en dólares está disponible. El Cuadro 1 revela el número de observaciones por año en la muestra final, y las estadísticas descriptivas para las principales variables utilizadas. El tamaño de la muestra cambia a medida que nuevas firmas se incorporan al registro de la Supersociedades, o bien de empresas que dejan de reportar. La principal variable dependiente en la primera parte del análisis es la inversión en capital fijo, medida como el cambio en el *stock* de activos fijos brutos.

Nuestra principal medida de exposición cambiaria es la deuda en dólares (D^*); es decir el valor en libros de los pasivos en dólares convertidos a pesos. En Colombia los estándares contables determinan que la conversión de deuda denominada en dólares a moneda local debe hacerse utilizando el tipo de cambio vigente al cierre del ejercicio. Extendemos la medida de exposición cambiaria considerando los activos en dólares (A^*), que corresponden al valor en moneda local de los activos fijos y corrientes indexados al dólar, en lugar del índice de precios al consumidor (IPC), además del valor nominal de los contratos de derivados de moneda extranjera establecidos con bancos residentes.

La información de sectores de producción es reportada en los estados financieros de la Supersociedades. También, incorporamos información del valor FOB (*free on board*) de las exportaciones para cada firma, obtenida del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Convertimos el valor en dólares de las exportaciones a pesos utilizando el tipo de cambio vigente al cierre del año contable respectivo.

Cuadro 1
Estadísticas descriptivas

Variable	Descripción variable	Número de observaciones	Media	Desv. estándar	Mínimo	Máximo
Inversión en capital fijo	$(k_t - k_{t-1})$	68.747	0,020	0,957	-2,443	233,239
Deuda en dólares	Saldo deuda USD valorada en COP	68.747	0,014	0,076	0,000	7,204
I (firma tiene deuda en dólares)	Dummy = 1 si se tiene deuda en USD	78.503	0,151	0,358	0,000	1,000
I (firma tiene activos en dólares)	Dummy = 1 si se tiene activos en USD	78.503	0,160	0,367	0,000	1,000
I (firma tiene derivados)	Dummy = 1 si se tiene derivados	78.503	0,077	0,266	0,000	1,000
Activos en dólares	Saldo total de los activos en USD	68.747	0,006	0,047	-0,492	4,338
Derivados netos	Posición larga neta <i>Forex</i>	68.747	0,000	0,000	-0,048	0,009
Exposición	Deuda USD-neto <i>Forwards</i> -activos USD	68.747	0,008	0,085	-4,338	6,800
Flujo de caja	Utilidad neta antes de impuestos	68.747	0,079	0,238	-26,484	22,895
Exportaciones (porcentaje de activos)	Expo. anual / activos totales	68.747	0,080	0,748	0,000	64,940
Exportaciones (porcentaje de ventas)	Expo. anual / ing. operacionales	78.503	0,040	0,147	0,000	1,099
Stock capital rezagado ^{a/}	(k_{t-1})	68.747	0,200	0,383	0,000	74,768

Nota: todas las variables contables están normalizadas por los activos totales rezagados.

a/ Corresponde a terrenos, obras de construcción en curso, propiedad, planta y equipo neto y otros activos.

Fuentes: Superintendencia de Sociedades, DIAN, DANE y Banco de la República; cálculos propios.

Para explorar la relación entre inversión y exposición cambiaria, controlamos por una serie de determinantes adicionales de la inversión de la firma. El primero de estos determinantes son los ingresos netos de operación más gastos de depreciación del capital (Ebitda). Dado que buscamos identificar los efectos de la deuda, en particular de la deuda en dólares sobre la inversión, seguimos a Lang *et al.* (1996), y utilizamos una medida de ingresos que no depende de la elección de la deuda de la firma. Esta medida de flujo de caja también excluye las ganancias (o pérdidas) por variaciones del tipo de cambio, lo que nos permite aislar los efectos de las fluctuaciones del tipo de cambio sobre ingresos y costos, de los efectos por revalorización de activos y pasivos.

La información de la posición de derivados cambiarios de las firmas es más difícil de construir. Solo recientemente los reguladores y los inversionistas han comenzado a exigir datos sistemáticos de estas transacciones financieras. La fuente proviene de las operaciones de derivados de moneda extranjera de los bancos establecidos en Colombia (F^*). Se tomaron *forward* de tipo de cambio, los cuales representan la mayor proporción de operaciones de derivados en Colombia. Finalmente, incorporamos a la base información de la estructura de propiedad de la firma. La muestra excluye todas aquellas empresas directamente relacionadas con la intermediación financiera, como bancos, fondos de pensiones, compañías de seguros, administradores de fondos mutuos, administradores de fondos de inversión y corredores de bolsa.

Para las estimaciones, se modificó la información contable original de la siguiente manera:

1. Se expresó toda la información contable en pesos de 2008, usando los valores del IPC de diciembre de cada año.
2. Se eliminaron todas las observaciones donde la información contable no es internamente coherente. En particular, excluimos las observaciones donde las siguientes razones exceden los rangos: deuda en dólares sobre deuda total $(-0,01, 1,1)$, activos en dólares sobre activos totales $(-1,01, 1,01)$ y exportaciones sobre ventas $(0, 1,1)$.
3. Finalmente, excluimos de la muestra valores extremos de nuestras principales variables endógenas. Para ello, construimos un *z-score* utilizando la media y desviación estándar muestral, y descartamos las observaciones con $|z| > 2$.

Dado que en este estudio nos interesan los efectos de una devaluación sobre las firmas que mantienen deuda en dólares, en el análisis posterior hacemos interactuar D^* , A^* y F^* con las variaciones del tipo de cambio real esperado, Δe . Nuestra definición de e (tipo de cambio nominal esperado contra dólar estadounidense deflactado por el IPC) es coherente con los ajustes inflacionarios descritos. En todas las especificaciones reportadas, medimos Δe como el cambio en logaritmos del tipo de cambio real entre los diciembre de años sucesivos.

2.2 Caracterización de las firmas y descalce cambiario

2.2.1 Características de las firmas

En esta sección se analizará un promedio anual de 2.712 empresas privadas del sector real (3.386 en el año 2012) que entre 2005 y 2012 informaron endeudamiento en moneda extranjera (ME) al Banco de la República y que suministraron estados financieros a la Supersociedades¹. Esta información se complementó con reportes administrativos de aduanas relativos a importaciones y exportaciones y con contratos de derivados

1 La muestra corresponde a un panel no balanceado de firmas.

financieros reportados por los intermediarios financieros a la Superintendencia Financiera de Colombia y al Banco de la República.

Del total reportado a la Supersociedades al término de 2012, el conjunto de empresas analizadas representaron el 13% en cuanto a número y el 38% del valor de los activos. El 85% de estas firmas participaron en el comercio internacional, concentraron el 78% del valor de las exportaciones de servicios y bienes no mineros y el 54% de las importaciones reembolsables y responden por el 53% (USD19.026 millones [m]), del saldo estimado de endeudamiento en moneda extranjera (ME) del sector real colombiano². A diciembre de 2012 los acreedores extranjeros poseían el 82% de ese endeudamiento y los bancos nacionales el 18%.

El endeudamiento en ME está concentrado en pocas empresas, en particular en las más grandes (el 75% lo adeudan cien empresas). La concentración de esta deuda en pocas empresas está asociada con las restricciones que enfrentan la gran mayoría de las firmas al acceso de fuente de financiación, en particular la que proviene del mercado internacional, ya que requiere contar con una infraestructura profesional y reconocimiento internacional. Por otro lado, la distribución del saldo de la deuda en ME por tamaño de activos de las empresas indica que el 96% está a cargo de las firmas grandes (42% del número total que en su mayoría registran operaciones de comercio exterior), y por el restante 4% responden las empresas medianas y pequeñas (58% del número total).

Sectorialmente, del endeudamiento en ME de las firmas analizadas, el 27% está a cargo de empresas del sector de derivados minerales y productos químicos (principalmente empresas de refinación y cementeras), el 16% en firmas de la actividad del comercio, el 12% está en manos de empresas del sector transporte y el 9% en el de telecomunicaciones. Por empresa (deuda del sector con respecto al número de empresas), los sectores de transporte y el de telecomunicaciones tradicionalmente han sido los más endeudados, en especial mediante operaciones de arrendamiento financiero de aeronaves y equipos. Por otra parte, del número de firmas con endeudamiento en ME, el 38% tienen participación de capital extranjero, las cuales responden por el 84% del endeudamiento en ME de las firmas aquí analizadas.

2.2.2 Definición e indicadores de descalce cambiario

Para la firma el descalce cambiario es la diferencia entre activos y pasivos en ME, o entre ingresos y egresos en ME, o una combinación de las anteriores. Para las firmas con operaciones en monedas distintas a la local, un descalce cambiario implica enfrentar un riesgo financiero, ya que períodos de excesiva volatilidad del peso frente a otras monedas afectan la valoración de la hoja de balance, el flujo de caja, las utilidades y, muy probablemente, su inversión y crecimiento. Si los pasivos o egresos en ME superan a los activos o ingresos en ME, una depreciación del peso afectaría negativamente a la firma. En caso contrario, una revaluación del peso la afectaría de manera positiva.

2 El restante 47% corresponde a empresas que reportaron estados financieros a otras superintendencias; entre ellas, firmas del sector aeronáutico, operadores portuarios, patrimonios autónomos administrados por sociedades fiduciarias y empresas de servicios públicos.

La experiencia de las economías emergentes muestra que la incertidumbre sobre el comportamiento futuro de corto y mediano plazos de la tasa de cambio, originada por el abandono del régimen de bandas cambiarias, por la dolarización de activos y pasivos financieros en algunos países o, más recientemente, por entornos con volatilidad cambiaria, ha promovido el desarrollo de mercados de instrumentos financieros derivados de tasa de cambio.

Un descalce cambiario puede ser compensado mediante la compra de un derivado financiero, mecanismo mediante el cual las firmas acuerdan por anticipado la tasa de cambio a la cual pagarán sus futuras obligaciones en ME y así neutralizan total o parcialmente las variaciones del tipo de cambio sobre la hoja de balance, en particular en lo concerniente a operaciones que se realizarán en un horizonte que por lo general no supera los doce meses.

Dependiendo del propósito, el descalce cambiario puede medirse en términos absolutos o relativos. Aquí lo mediremos de esta última forma, pues así suministra información de su magnitud con respecto a otras cuentas de la hoja de balance y del estado de resultados, tales como el total de activos, total de pasivos, derivados financieros, ingresos operacionales y exportaciones, entre otros. Solo abordaremos el caso de su exposición cambiaria de las firmas frente a una devaluación, dejando de lado, por no ser de nuestro objetivo, la exposición frente a una revaluación. Los indicadores de descalce que se construyeron tienen en cuenta esta consideración. Los indicadores de descalce medidos en términos de flujos del estado de resultados permiten diferenciar las firmas con similar nivel de descalce medido en términos de saldos de balance y, a la vez, cuantificar la exposición, la cual depende de la participación de los ingresos en ME dentro de los ingresos operacionales.

Se construyeron varios indicadores de descalce que muestran la evolución y el grado de exposición cambiaria, tanto en saldos como en flujos, así como el efecto que tendría una devaluación del peso sobre el balance de las empresas. Estos indicadores son:

- *Deuda en ME³ / total activo (pesos + ME)*: mide la capacidad del activo para cubrir las obligaciones en moneda extranjera.
- *(Activos ME⁴ – pasivos ME) / total activo*: mide la capacidad del activo total para cubrir el descalce neto. Es el indicador más utilizado en la literatura.
- *Deuda en ME / total pasivo*: Mide el grado de dolarización de los pasivos. Usualmente una razón elevada de este indicador está asociada con elevados niveles de descalce.
- *Deuda en ME / ingresos operacionales*: mide la capacidad de los ingresos operacionales para cubrir las obligaciones en moneda extranjera.
- *Deuda en ME / exportaciones*: mide la capacidad de las ventas en moneda extranjera para cubrir obligaciones en la misma divisa.

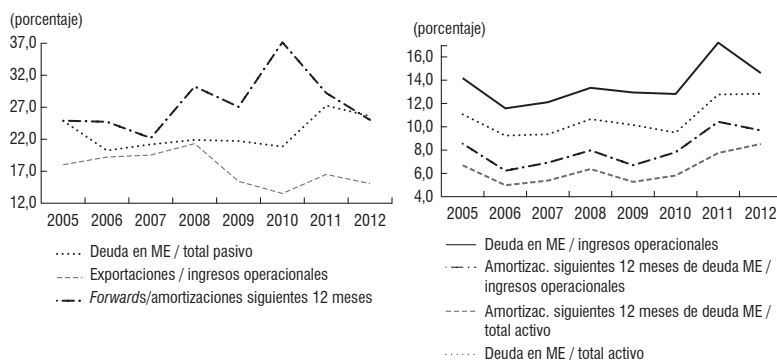
3 Corresponde únicamente a deuda financiera (préstamos bancarios, crédito con proveedores y bonos).

4 Corresponde a préstamos, *overnight*, inversiones de cartera, depósitos e inversiones directas en el exterior.

- *Deuda de corto plazo con vencimiento residual⁵ / ingresos operacionales*: capacidad de los ingresos operacionales de un año para cubrir amortizaciones de ME en los próximos doce meses.
- *Exportaciones / ingresos operacionales*: mide qué tanto los ingresos operacionales dependen de las exportaciones.
- *Forwards / deuda en ME*: mide qué tanto de las obligaciones financieras en moneda extranjera tienen coberturas cambiarias. No se dispone de coberturas cambiarias realizadas por firmas colombianas con contrapartes del extranjero.

En el Gráfico 1 se observa la tendencia histórica desde 2005 de estos indicadores, destacándose el aumento de todos ellos durante los últimos dos años y la reducción en las transacciones de coberturas con *forwards* con respecto a las obligaciones por pagar en ME en los próximos doce meses (vencimiento residual de corto plazo). Lo anterior se explica, por un lado, por el mayor incremento de los pasivos en ME frente a lo ocurrido con los activos en ME. Durante el período 2010-2012 el endeudamiento en ME con acreedores internacionales y con bancos locales aumentó, en su orden, 31% y 76%⁶. Esta dinámica elevó la relación de pasivos en ME al total de pasivos de 20% al 25%. Por otro lado, el menor uso de coberturas cambiarias mediante *forwards* podría explicarse por la reducción de la volatilidad de la tasa de cambio (desincentiva el uso de derivados) y porque una buena parte del endeudamiento en ME está en cabeza de firmas con capital extranjero, siendo probable que sus casas matrices tomen directamente en el exterior las coberturas cambiarias.

Gráfico 1
Indicadores de descalce cambiario 2005–2012



Fuente: cálculos de los autores.

5 Se considera deuda de corto plazo aquella con vencimiento contractual menor a doce meses.

6 Las bajas tasas de interés en los mercados internacionales, el endeudamiento externo para adquirir empresas locales, la adquisición de empresas en el exterior por parte de colombianos y la necesidad de financiamiento para ampliar infraestructura, fueron factores que contribuyeron a incrementar el endeudamiento en ME, especialmente el de las firmas pertenecientes a los sectores de transporte, telecomunicaciones y minero-energético.

El Cuadro 2 muestra los indicadores de descalce por tamaño de activos de las empresas. Las firmas grandes y pequeñas tienen indicadores de descalce similares, salvo para las relaciones de deuda en ME y deuda neta en ME frente al total de activos, en las que fueron muy superiores para las empresas pequeñas. Las compañías pequeñas son las más descalzadas con respecto al total de sus activos, especialmente mineras y compañías que prestan servicios a la industria petrolera. En su conjunto adeudan USD98 m y, salvo una de ellas, ninguna adeuda más de USD10 m. Por tratarse de empresas concentradas en el mercado interno, sus exportaciones son solo el 15% de sus ingresos operacionales, pero también su deuda en ME es relativamente baja frente a aquellos.

Cuadro 2
Indicadores de descalce cambiario 2005-2012: clasificación por tamaño de la firma

Indicadores de descalce	Grande	Mediana	Pequeña	Total
	(porcentaje)			
Deuda en ME / total activo	10,8	10,3	18,7	10,8
Deuda en ME-activos en ME) / total pasivo	7,0	8,4	17,8	7,1
Deuda en ME / total pasivo	23,4	16,7	26,7	23,1
Deuda en ME / ingresos operacionales	14,2	7,6	13,4	13,8
Deuda en ME / exportaciones	87,9	39,3	91,3	84,1
Deuda en ME corto plazo vencimiento residual / ingresos operacionales totales	8,3	5,7	9,0	8,2
Exportaciones / ingresos operacionales	16,1	19,4	14,7	16,3
Forwards / deuda en ME	28,2	17,7	3,6	27,6

Fuente: Supersociedades, Banco de la República, DIAN y DANE; cálculos de los autores.

Por su parte, las empresas medianas son las menos descalzadas en casi todos los indicadores. Las empresas que usan más derivados de tasa de cambio con respecto a sus obligaciones en ME son las grandes (28%), mientras que las pequeñas tienen cubierto apenas un 4% de su endeudamiento en ME.

También, se evidencia que cada vez es mayor la proporción de los ingresos operacionales anuales destinados a cubrir las obligaciones en ME que deben amortizarse durante el siguiente año (vencimiento residual de corto plazo), al pasar de 6% en 2006 al 10% promedio en los últimos dos años. Para 2012, el Cuadro 3 muestra el número de firmas y el endeudamiento en ME, según rangos de este indicador de descalce. Los principales resultados son:

Cuadro 3

Relación vencimiento residual de la deuda de corto plazo sobre el total ingresos operacionales, según tamaño y participación en el comercio internacional, 2012

Tamaño de la firma y rango de la relación	Número de firmas	Monto en USD millones
Grande	1.363	18.272
Entre 0% y 20%	1.206	8.438
Entre 21% y 50%	107	5.078
Entre 51% y 100%	22	4.110
Más de 100%	28	647
Mediana	1.479	655
Entre 0% y 20%	1.412	525
Entre 21% y 50%	47	73
Entre 51% y 100%	16	42
Más de 100%	4	15
Pequeña	544	98
Entre 0% y 20%	541	72
Entre 21% y 50%	3	26
Total	3.386	19.026

Fuente: Supersociedades, Banco de la República, DIAN y DANE; cálculos de los autores.

- Para la mayoría de las firmas (93% del total) este indicador no supera el 20%, las cuales respondían en 2012 por el 47% del saldo de la deuda en ME de la muestra analizada.
- Para las empresas grandes, cuyo descalce se ubicó entre el 51% y el 100%, solo 22 de ellas responden por USD4.110 m de endeudamiento (22% del saldo de la muestra), donde casi la mitad de ellas son netamente importadoras y 4 de ellas, netamente exportadoras (que adeudan USD3.468 m).
- Son pocas las firmas (28 grandes y 4 medianas, en su mayoría, del sector servicios, que no participan del comercio internacional) para las que el indicador de descalce en cuestión supera el 100%, las cuales adeudan en ME COP662 m. Buena parte de estas firmas grandes poseen inversiones directas en el exterior.

En los párrafos siguientes se describirán los indicadores de descalce según su participación en el comercio internacional, por el componente de capital extranjero en la estructura accionaria de la firma y por sector económico.

Si el conjunto de empresas se discrimina según su participación en el comercio internacional (Cuadro 4), las que participan son las más descalzadas, en particular las pequeñas netamente exportadoras del sector servicios y telecomunicaciones. Casi la mitad de los ingresos operacionales de las empresas netamente exportadoras proviene de sus ventas al exterior, y la deuda de corto plazo (vencimiento residual) representa el 11% de sus ingresos operacionales. En términos de flujo, las más descalzadas son las que no participan en

el comercio internacional, para las cuales el 27% de los ingresos operacionales se destinaría a cubrir obligaciones de endeudamiento en ME. Los mayores deudores son entidades financieras no bancarias y grupos de inversión que recientemente han adquirido empresas en el exterior.

Cuadro 4

Indicadores de descalce cambiario, 2005-2012, según participación en el comercio internacional

Indicadores de descalce	Exportadora	Importadora	Ambos	No participa	Total
	(porcentaje)				
Deuda en ME / total activo	13,85	9,64	9,41	11,14	10,78
Deuda en ME-activos en ME) / total pasivo	10,88	5,91	5,10	6,92	7,11
Deuda en ME / total pasivo	30,48	19,00	21,90	32,23	23,08
Deuda en ME / ingresos operacionales	16,56	10,93	11,39	43,68	13,75
Deuda en ME corto plazo vencimiento residual / ingresos operacionales totales	11,33	5,87	6,66	26,62	8,17
Deuda en ME / exportaciones	34,26	305,79	45,13		84,14
Exportaciones / ingresos operacionales	48,34	3,57	25,23	0,00	16,35

Fuente: Supersociedades, Banco de la República, DIAN y DANE; cálculos de los autores.

Las empresas con inversión extranjera directa (aquellas que superan el 10% del capital accionario de la empresa), presentan el mayor grado de descalce si las comparamos con las que no tienen este tipo de inversión. En efecto, la relación deuda en ME a total de los activos es de 13% para las empresas con capital extranjero, mientras que es del 8% para las restantes. Las empresas pequeñas con inversión extranjera son las más descalzadas con relación a sus activos totales, 43%, y anualmente comprometen algo más de la quinta parte de sus ingresos operacionales para cancelar obligaciones en ME (vencimiento residual de corto plazo). Este grupo la conforman 170 empresas que adeudan USD62 m.

El descalce cambiario no solo es relevante con la presencia de endeudamiento en ME, ya que las empresas netamente importadoras sin este tipo de deuda podrían ser igualmente afectadas por devaluaciones de la tasa de cambio. Un indicador de descalce apropiado para empresas con estas características es la relación importaciones a ingresos operacionales, como se muestra en el Cuadro 5. En promedio, son cerca de 4.600 firmas por año (5.077 en 2012) que reportaron balances a la Superfinanciera y que no reportaron deuda en ME. El 80% son firmas medianas y pequeñas cuyas importaciones representan la quinta parte de sus ingresos operacionales (40% para firmas grandes del sector metalmecánico y autopartes) y con muy baja cultura en el uso de coberturas cambiarias. Vale la pena destacar que para las microempresas de la muestra, principalmente firmas comercializadoras y

de servicios técnicos, las importaciones representan el 61% de sus ingresos operacionales y no poseen coberturas cambiarias.

Cuadro 5
Empresas netamente importadoras sin endeudamiento en ME

Tamaño de la firma	Concentración del número de firmas	Importaciones / ingresos operacionales	Forward comprados / importaciones
		(porcentaje)	
Grande	19,82	20,01	3,33
Mediana	41,83	18,12	1,37
Micro	1,53	61,06	0,00
Pequeña	36,82	20,30	0,23
Subtotal	100,00	19,73	2,95

Fuentes: Supersociedades y Banco de la República; cálculos propios.

El Cuadro 6 muestra los resultados por sector económico. Las empresas que operan en las actividades del transporte son las que registran los mayores indicadores de descalce y el nivel de sus operaciones de coberturas cambiarias son bajos (3% de sus obligaciones en ME). Hay que resaltar que los pagos anuales de la deuda en ME de estas firmas representaron en promedio no más de la cuarta parte sus ingresos operacionales y que sus ventas externas fueron del 24% de dichos ingresos. Allí se encuentran principalmente empresas de transporte aéreo que se han endeudado con entidades financieras extranjeras para adquirir aeronaves mediante contratos de arrendamiento financiero, cuyo colateral es usualmente el mismo bien. La larga duración de estos contratos (por lo general a más de cinco años) y el hecho de que sus ingresos en ME compensen los pagos de sus deudas en ME, son dos de las razones por la cuales sea bajo el uso de *forwards* en este sector.

El segundo sector más descalzado es el de telecomunicaciones, en particular las empresas que prestan servicios de telefonía celular. Para este sector los pasivos en ME representan el 13% del total de sus activos y la cuarta parte del total de sus pasivos, mientras que su descalce neto (activos menos pasivos en ME) es del 7%. A diferencia del sector de transporte, este prácticamente no cuenta con ingresos en ME que contrarresten los pagos de endeudamiento en ME; en cambio, cuenta con nutridos recursos en moneda local que superan ampliamente el pago de obligaciones en ME de corto plazo. Además, es un sector que genera los mayores ingresos operacionales por empresa (dos de esas compañías están dentro de las cinco primeras empresas del sector real que más reportan ingresos operacionales). La propiedad accionaria de estas firmas, que poseen una posición de oligopolio en el mercado interno, son mayoritariamente de inversionistas extranjeros.

Otro sector que vale la pena destacar es el de metalmecánica y autopartes. Si bien su endeudamiento no representa mucho de sus activos totales (9%), sí representa algo más de la quinta parte de sus pasivos. Por tener el 30% de sus ingresos operacionales provenientes de ventas al exterior, por destinar solo el 9% de estos al pago de obligaciones en ME y por participar activamente del comercio internacional, es un sector que tiene cobertura natural de su endeudamiento en ME.

Cuadro 6**Indicadores de descalce cambiario, 2005-2012, clasificación por sector económico**

Indicadores de descalce	Transporte	Telecomunicaciones	Metalmecánica y autopartes	Confecciones en tela y cuero	Resto	Total
			(porcentaje)			
Deuda en ME / total activo	30,74	12,80	11,17	8,83	11,75	10,78
Deuda en ME-activos en ME) / total activo	28,72	7,38	6,52	4,86	8,86	7,11
Deuda en ME / total pasivo	58,24	23,51	22,14	17,93	23,55	23,08
Deuda en ME / ingresos operacionales	65,47	20,88	11,93	10,54	20,42	13,75
Deuda en ME / exportaciones	275,40	1.527,54	39,59	39,85	1.049,54	84,14
Exportaciones / ingresos operacionales	22,80	7,57	8,62	8,19	11,21	8,17
Deuda en ME corto plazo vencimiento residual / ingresos operacionales totales	23,77	1,37	30,13	26,45	18,40	16,35
Forwards / deuda en ME	8,99	50,45	29,47	24,16	22,94	27,59

Fuente: estados financieros de empresas, informes de deuda en ME reportados al Banco de la República y reportes aduaneros.

Una forma sencilla de evaluar el impacto de una devaluación sobre la hoja de balance es haciendo una prueba de estrés que revalore las cuentas en ME de los balances contables de nuestra muestra con una tasa mayor a la del cierre de 2012, para luego calcular nuevamente el indicador de deuda en ME con respecto al total del activo. El anterior ejercicio muestra que frente a un aumento de 10 puntos porcentuales (pp) en la tasa de cambio, la relación deuda en ME a total de los activos aumentaría 1,2 pp para el conjunto de empresas, 2,9 pp para el sector de transporte y 1,4 pp para el sector de comunicaciones. El efecto sería de 4 pp para las pequeñas firmas con capital extranjero. Si suponemos una devaluación del 30% y hacemos el mismo ejercicio con el patrimonio de la empresa, el 63% de las firmas registrarían una desvalorización del patrimonio no superior al 10% y para el 13% de las firmas presentarían una desvalorización del patrimonio superior al 40%.

En resumen, existe un par de sectores económicos para los cuales los pasivos en ME son una proporción no despreciable de sus activos totales y de sus pasivos, pero estos descalces son compensados parcialmente con coberturas naturales, ya que cuentan con

ingresos en ME que les permiten cubrir sus obligaciones en ME de corto plazo. Algunas de las que no cuentan con esta clase de ingresos realizan *forwards* de tipo de cambio y, en casos excepcionales, sus ingresos operacionales en pesos son lo suficientemente grandes para cubrirse frente a una eventual devaluación del peso. Firmas grandes que no participan del comercio internacional, que registran descalses significativos y que no se encuentran en los anteriores sectores, poseen inversiones directas en el extranjero. Sin embargo, existe un grupo de pequeñas empresas con endeudamiento en ME y con capital extranjero, y otro grupo sin este tipo de endeudamiento pero netamente importadoras, que por no contar con coberturas cambiarias y registrar descalses, podrían ser vulnerables frente a una fuerte devaluación en el tipo de cambio. La prueba de estrés muestra que, frente a una significativa devaluación de la tasa de cambio, los sectores de transporte y telecomunicaciones serían los más afectados, y una proporción no despreciable de las firmas presentarían una significativa desvalorización del patrimonio. Cabe advertir que para las pruebas de estrés solo se revaloraron la porción en ME de los activos y pasivos, y no se tuvo en cuenta los efectos de esa devaluación sobre el estado de pérdidas y ganancias.

3. METODOLOGÍA

3.1 Estrategia empírica

La estrategia empírica por seguir estará basada en la usada por Cowan *et al.* (2005), con la diferencia de que aquí se estima un panel dinámico, según Arellano y Bond (1991), Arellano y Bover (1995), Blundell y Bond (1998). Disponemos de una base de datos que se ajusta a esta metodología: 1) pocos períodos y muchos individuos; 2) una relación funcional lineal; 3) una variable dependiente dinámica, que es explicada por sus realizaciones pasadas; 4) variables independientes que no son estrictamente exógenas, lo que significa que están correlacionadas con realizaciones pasadas (y posiblemente contemporáneas) del error; 5) efectos fijos individuales, y 6) heteroscedasticidad y autocorrelación entre individuos, pero no a través de ellos.

El modelo general del proceso generador de datos es el siguiente:

$$y_{it} = \sum_{j=1}^p \alpha_j y_{i,t-j} + x'_{it} \beta_1 + w'_{it} \beta_2 + \vartheta_i + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T_i \quad (1)$$

donde x'_{it} : es un vector $1 \times k_1$ de covariables estrictamente exógenas;

β_1 : es un vector $k_1 \times 1$ de parámetros a ser estimados;

w'_{it} : es un vector $1 \times k_2$ de covariables predeterminadas o endógenas;

β_2 : es un vector $k_2 \times 1$ de parámetros a ser estimados;

ϑ_i : efectos panel (que pueden estar correlacionados con las covariables);

ε_{it} : término de perturbación i.i.d (independiente e idénticamente distribuidos) sobre toda la muestra con varianza σ_ε^2 .

Basándonos en este modelo general, queremos explicar el efecto que tiene el impacto de un choque inesperado de la tasa de cambio sobre el nivel de activos y pasivos en

moneda extranjera, así como en sus exportaciones netas y coberturas cambiarias en la inversión en capital fijo de la firma.

Se estimaron dos versiones de (1) para la muestra de firmas en el período 2005-2012. El primer modelo estimado es el siguiente:

$$I_{it} = \sum_{j=1}^3 \alpha_j I_{i,t-j} + x'_{it} \beta_1 + w_{it} \beta_2 + \vartheta_i + \varepsilon_{it} \quad i=1, \dots, N, t=1, \dots, 8 \quad (2)$$

donde x'_{it} : *dummies* por año, que son exógenas;

w_{it} :

- Variables predeterminadas: interacción entre el nivel de deuda en dólares del período anterior y el cambio en logaritmos del tipo de cambio real esperado⁷, $(D_{t-1}^* \Delta e_t)$; la interacción entre el nivel de activos en dólares del período anterior y la variación en logaritmos del tipo de cambio real esperado, $(A_{t-1}^* \Delta e_t)$; interacción entre exportaciones netas y tipo de cambio real esperado, $(XN_t \Delta e_t)$; la interacción entre el nivel de *forwards* de tasa de cambio en dólares del período anterior, y el cambio en logaritmos del tipo de cambio real esperado $(F_{t-1}^* \Delta e_t)$.
- Variables endógenas: deuda en dólares rezagada, D_{t-1}^* ; total pasivos financieros rezagados, P_{t-1} ; activos en dólares rezagados, A_{t-1}^* ; exportaciones netas, XN_t ; flujo de caja, FC_t , y *forwards* de tipo de cambio en dólares, F_{t-1}^* .
 ϑ_i : efectos panel (que pueden estar correlacionados con las covariables).
 ε_{it} : término de perturbación i.i.d sobre toda la muestra con varianza σ_ε^2 .

Nuestra variable independiente clave es la interacción entre el nivel de deuda en dólares del período anterior y la variación en logaritmos del tipo de cambio real esperado, $D_{t-1}^* \Delta e_t$. Para controlar por el tamaño de la firma, se normalizaron todas las variables contables por los activos totales del período anterior⁸.

Además de la interacción, $(D_{t-1}^* \Delta e_t)$, se incluye la deuda en dólares del período anterior para controlar por cualquier diferencia previa entre dos firmas con distinto nivel de endeudamiento en dólares. Tales diferencias podrían haber prevalecido aún en caso de que no hubiesen existido movimientos en el tipo de cambio real: por ejemplo, si firmas en expansión fueran más propensas a emitir deuda en dólares. También, se adiciona una *dummy* para cada año (y_t), y un efecto fijo específico a la firma (ϑ_i). Las *dummies* por

7 La tasa de cambio esperada se tomó de la *Encuesta mensual de expectativas* que efectúa el Banco de la República.

8 Esto soluciona el problema de la medición del descalce en términos de valores absolutos, ya que no es lo mismo que una empresa tenga deuda en dólares por USD100 millones, ningún activo ni ingresos en dólares (exposición = USD100 millones), pero su nivel de activos totales es de USD10.000 millones; frente a una empresa con el mismo monto de deuda en dólares, activos en dólares por USD30 millones, ingresos por exportaciones de USD 10 millones (exposición = USD60 millones), y un nivel de activos totales de solo USD500 millones. Es claro que la primera firma tiene un monto mayor de descalce, pero en proporción a su tamaño es muy inferior a la segunda, así esta tenga activos e ingresos que compensen el monto de su descalce.

año capturan los choques agregados comunes a todas las firmas de la muestra, incluso variaciones del tipo de cambio. El efecto específico en cada firma captura las diferencias entre firmas en el nivel de *stock* de capital óptimo, que no varía en el tiempo.

Ajustamos el modelo usando el método generalizado de momentos en dos etapas y reportando errores estándar robustos. Las variables *dummy* por año (estrictamente exógenas) aparecen como regresores regulares. A su vez, las variables endógenas y predeterminadas son dadas como opciones, con restricciones sobre el número de instrumentos actualmente utilizados. La variable dependiente aparece con tres rezagos y en el mismo número se limita el uso de rezagos como instrumentos. Por ejemplo, cuando $t = 7$, los instrumentos son I_{i5}, I_{i4}, I_{i3} . La opción *pre* $\left(D_{t-1}^* \Delta e_t, A_{t-1}^* \Delta e_t, XN_t \Delta e_t, F_{t-1}^* \Delta e_t, \text{lag}(1, 2)\right)$ se especifica de tal forma que $D_{t-1}^* \Delta e_t, A_{t-1}^* \Delta e_t, XN_t \Delta e_t$ y $F_{t-1}^* \Delta e_t$ junto con sus primeros rezagos son incluidos como regresores, y solo dos rezagos adicionales son usados como instrumentos. La opción *endogenous* $\left(D_{t-1}^* P_{t-1} A_{t-1}^* XN_t FC_t, F_{t-1}^*, \text{lag}(0, 3)\right)$ es usada para indicar que las variables $D_{t-1}^* P_{t-1} A_{t-1}^* XN_t FC_t$ y F_{t-1}^* aparezcan como regresores contemporáneos, y que a lo sumo tres rezagos sean usados como instrumentos.

El segundo modelo estimado se diferencia del primero en que se incluye una medida contable de descalce de monedas (E^*), igual a la deuda en dólares neta de los activos en dólares y de la posición de derivados, $E^* = D^* - A^* - F^*$. De esta forma, el modelo estimado tiene la misma estructura que el anterior, pero se diferencia en el set de variables predeterminadas y endógenas:

- Variables predeterminadas: solo se incluye la interacción entre el nivel de exposición en dólares del período anterior y el cambio en logaritmos del tipo de cambio real esperado⁹ $\left(E_{t-1}^* \Delta e_t\right)$,
- Variables endógenas: exposición en dólares rezagada E_{t-1}^* , total pasivos financieros rezagados P_{t-1} , y flujo de caja FC_t .

La estructura de rezagos y de instrumentos es acorde con el primer modelo, donde la variable dependiente aparece con tres rezagos y en el mismo número se limita el uso de rezagos como instrumentos. La opción *pre* $\left(E_{t-1}^* \Delta e_t, \text{lag}(1, 2)\right)$ se especifica de tal forma que $E_{t-1}^* \Delta e_t$, junto con su primer rezago, son incluidos como regresores, y solo dos rezagos adicionales son usados como instrumentos. La opción *endogenous* $\left(E_{t-1}^* P_{t-1} FC_t, \text{lag}(0, 3)\right)$ es usada para indicar que las variables $E_{t-1}^* P_{t-1} FC_t$, aparezcan como regresores contemporáneos, y que a lo sumo tres rezagos sean usados como instrumentos.

En el Anexo (Cuadro A.1 y Cuadro A.2) se muestran los resultados de las pruebas de Arellano-Bond de cero autocorrelación en primeras diferencias del error y la prueba de Sargan de sobreidentificación de restricciones para ambos modelos. Todas las pruebas presentaron resultados esperados para ambos modelos.

9 La tasa de cambio esperada se tomó de la encuesta de expectativas que aplica mensualmente el Banco de la República.

4. PRINCIPALES RESULTADOS

El objetivo de esta sección es tratar de explicar el comportamiento de la inversión si se tiene una deuda en dólares durante una depreciación. La variable clave es la interacción entre la deuda en dólares en $t - 1$ y la variación del logaritmo del tipo de cambio real, normalizada por los activos totales. Esta interacción va a indicar si las firmas más endeudadas en dólares, en términos relativos a su tamaño, invierten relativamente menos en el período posterior a una depreciación frente a aquellas que mantienen deuda en moneda local.

El período que cubre la muestra (2005-2012) se caracterizó por presentar una tendencia de apreciación real del tipo de cambio. Únicamente se presentó un período de depreciación, de aproximadamente 8% en términos reales en 2009. Dado que existe una considerable varianza en los niveles de deuda en dólares entre firmas, será posible identificar diferentes respuestas de las empresas a apreciaciones (o depreciaciones) cambiarias. Siguiendo la ecuación (1) incluimos como controles adicionales el monto de deuda en dólares del período anterior para controlar por diferencias previas entre firmas con diferente grado de dolarización. La deuda total del período anterior se incluye como un control adicional.

Según los resultados presentados en el Cuadro 7, panel A, el coeficiente estimado para la interacción entre la deuda en dólares y la variación del tipo de cambio real ($D_{t-1}^* \Delta e_t$) es negativo: firmas con más deuda en dólares invierten relativamente menos en los períodos que siguen a una depreciación. Cabe resaltar que solo el primer rezago de esta variable es significativo al 5%. De igual forma, el coeficiente estimado para el nivel de deuda total del período anterior es negativo y significativo al 10%, lo que sugiere la presencia de un efecto de balance que se origina en los contratos de deuda previamente establecidos.

Como era de esperarse, el coeficiente estimado para la interacción entre los activos en dólares y la variación del tipo de cambio real ($A_{t-1}^* \Delta e_t$) es positivo: firmas con activos financieros en dólares invierten relativamente más en los períodos que siguen a una depreciación. Es evidente que si la firma tiene también activos denominados en dólares, ya sean inversiones financieras líquidas o activos reales en el exterior, el incremento de valor en moneda local de estas fuentes de ingresos luego de una devaluación puede compensar el efecto negativo de los pasivos en dólares. Cabe resaltar que tanto los coeficientes para el efecto contemporáneo como el rezago de esta variable no son significativos a ningún nivel usual de significancia. La hipótesis que subyace a este resultado es que, a pesar de que en promedio el 16% de las empresas de la muestra mantienen activos en dólares, estos solo representan el 0,6% de sus activos totales.

El flujo de caja generado por la operación de la firma se introduce en la ecuación con el fin de capturar potenciales diferencias entre firmas no identificadas con las interacciones. El coeficiente del flujo de caja es positivo y significativo, y muestra efectos de liquidez o cambios en la productividad marginal del capital.

Los coeficientes para las exportaciones netas y para la cobertura en derivados financieros no son significativos a ningún nivel de significancia convencional.

Los anteriores resultados nos muestran que:

- En primer lugar, las firmas no calzan en su totalidad la composición por monedas de sus pasivos con la de sus activos e ingresos. En consecuencia, aquellas que tienen deuda en dólares durante una depreciación no ven crecer el valor de sus activos e ingresos de forma proporcional con el valor de sus pasivos; por tanto, el efecto de balance negativo generado por las fluctuaciones del tipo de cambio sobre la deuda no alcanza a ser compensado por el efecto de balance positivo del tipo de cambio sobre los activos e ingresos.
- En segundo lugar, los resultados sugieren que los efectos de balance son cuantitativamente importantes: incrementos exógenos de la deuda total, generados por el aumento del valor en moneda local de la deuda en dólares pueden tener efectos significativos en la inversión. De acuerdo con nuestra estimación, una depreciación de 10% del tipo de cambio real, similar a la ocurrida en Colombia en 1999, provoca una reducción de 1% en la tasa de inversión en activos fijos de aquellas firmas con la mitad de su deuda en dólares comparadas con aquellas que tienen cero, todo lo demás constante. Esta diferencia es significativa si consideramos que la tasa media de acumulación de activos en las empresas de la muestra es de 2%.

Después de haber analizado por componentes del desbalance en moneda extranjera (deuda, activos, exportaciones netas y derivados netos), se introduce la medida contable de descalce de monedas (E^*), explicada anteriormente.

En el Cuadro 7, panel B, se estima el modelo incluyendo una interacción entre la exposición cambiaria y el tipo de cambio real ($E * \Delta e$). Como era de esperarse, el coeficiente estimado de la interacción ($E * \Delta e$) es negativo, pero solamente significativo para el primer rezago al 5% de confianza. El coeficiente estimado implica que si se tiene una exposición del 50% respecto a los activos totales, al depreciarse la moneda un 20% las empresas invertirán un 0,5% menos en activos fijos. De las variables endógenas utilizadas solo la exposición rezagada entre los activos en $t - 1$ es significativa, aunque tanto para el total de pasivos, como para la variable de flujo de caja, los coeficientes presentan los signos esperados.

Construyendo una base de datos con información por firma, donde se incluyen variables del balance y del estado de resultados; complementando con registros cambiarios, aduaneros y de coberturas cambiarias, se determina la estructura de la composición por monedas tanto de la hoja de balance como del flujo de ingresos y egresos para una muestra significativa de empresas no financieras colombianas. Con los resultados obtenidos se trata de contribuir a la literatura empírica sobre el efecto en la hoja de balance de fluctuaciones en la tasa de cambio.

Cuadro 7

A. Efectos de la exposición cambiaria sobre la inversión, 2005-2012

Variable dependiente: inversión en capital fijo			Número de observaciones:		3.444	
			Número de grupos:		1.234	
			Observaciones por grupo:		mínimo	1
					promedio	2,7909
					máximo	4
			Wald chi2(20):		51,89	
Número de instrumentos: 111			Prob > chi2:		0,0001	
Inversión en capital fijo	Coefficiente	WC-Robust error estándar	z	P > z	[Intervalo de confianza del 95%]	
I_{it}						
L1	0,0876962	0,039787	2,20	0,028	0,0097150	0,1656773
L2	0,0490987	0,0465088	1,06	0,291	-0,0420568	0,1402542
L3	0,0022142	0,0008277	2,68	0,007	0,0005919	0,0038364
$D^*_{t-1} \Delta e_t$						
--.	-0,0825623	0,1194403	-0,69	0,489	-0,3166609	0,1515364
L1	-0,2096898	0,0873362	-2,40	0,016	-0,3808657	-0,0385140
$A^*_{t-1} \Delta e_t$						
--.	0,0393060	0,3280093	0,12	0,905	-0,6035803	0,6821924
L1	0,0573900	0,1976924	0,29	0,772	-0,3300801	0,4448600
$XN_{it} \Delta e_t$						
--.	-0,0086093	0,0369805	-0,23	0,816	-0,0810897	0,0638711
L1	0,0086722	0,0216491	0,40	0,689	-0,0337592	0,0511037
$F^*_{t-1} \Delta e_t$						
--.	2,2119110	4762221	0,05	0,963	-911259	9554972
L1	-7,9529040	1990399	-0,40	0,689	-46964	3105819
D^{*}_{t-1}	-0,0324299	0,0174386	-1,86	0,063	-0,0666089	0,0017491
P^{*}_{t-1}	0,0162260	0,014204	1,14	0,253	-0,0116134	0,0440654
A^{*}_{t-1}	0,0167163	0,0421479	0,40	0,692	-0,0658921	0,0993246
XN^{*}_{t-1}	0,0017693	0,0043934	0,40	0,687	-0,0068417	0,0103802
FC_t	0,1066670	0,0395085	2,70	0,007	0,0292317	0,1841022
F^{*}_{t-1}	-5943291	6622545	-0,90	0,369	-1892324	7036659
cons	-(0,0152732	0,0074358	-2,05	0,04	-0,0298471	-0,0006993

Nota: Este cuadro reporta estimaciones GMM de variantes de la ecuación (1) en el texto. La información contable fue obtenida de la Supersociedades, como es descrito en el texto. Los datos macro son obtenidos de varias fuentes.

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro 7

B. Efectos de la exposición cambiaria sobre la inversión 2005-2012

Variable dependiente: inversión en capital fijo				
		Número de observaciones:	3444	
		Número de grupos:	1234	
		Observaciones por grupo:	mínimo	1
			promedio	2,7909
			máximo	4
		Wald chi2(20):	37,88	
Número de instrumentos: 60	Prob > chi2:		0,0001	

Cuadro 7 (continuación)**B. Efectos de la exposición cambiaria sobre inversión 2005-2012**

Inversión en capital fijo	Coefficiente	WC-Robust error estándar	z	$P > z $	[Intervalo de confianza del 95%]	
I_{it}						
L1	0,1077450	0,0453540	2,38	0,018	0,0188527	0,1966373
L2	0,0543451	0,0453083	1,20	0,230	-0,0344576	0,1431478
L3	0,0020504	0,0007031	2,92	0,004	0,0006725	0,0034284
$E^*_{t-1}\Delta e_t$						
--	-0,0458568	0,0867187	-0,53	0,597	-0,2158224	0,1241087
L1	-0,1336503	0,0658714	-2,03	0,042	-0,2627559	-0,0045447
E^*_{t-1}	-0,0341116	0,0164836	-2,07	0,039	-0,0664189	-0,0018042
P^*_{t-1}	0,0139473	0,0132293	1,05	0,292	-0,0119817	0,0398763
FC_t	0,0738763	0,0511076	1,45	0,148	-0,0262928	0,1740453
_cons	-0,0097643	0,0074331	-1,31	0,189	-0,0243328	0,0048043

Nota: Este cuadro reporta estimaciones GMM de variantes de la ecuación (1) en el texto. La información contable fue obtenida de la Supersociedades, como es descrito en el texto. Los datos macro son obtenidos de varias fuentes.

Fuente: cálculos de los autores.

5. CONCLUSIONES

Construyendo una base de datos con información por firma, donde se incluyen variables del balance y del estado de resultados; complementándola con registros cambiarios, aduaneros y de coberturas cambiarias, se determina la estructura de la composición por monedas tanto de la hoja de balance como del flujo de ingresos y egresos para una muestra significativa de empresas no financieras colombianas. Con los resultados obtenidos se trata de contribuir a la literatura empírica sobre el efecto en la hoja de balance de fluctuaciones en la tasa de cambio.

Según lo observado en los hechos estilizados, de acuerdo con el indicador de deuda en ME con respecto a los saldos del total de activos y total de pasivos, o con respecto a los ingresos operacionales, los descalses se han incrementado durante los últimos dos años como consecuencia de la financiación requerida para la expansión de negocios e infraestructura dentro y fuera del país. Los mayores descalses los ostentan los sectores de transporte y telecomunicaciones, cuyas firmas se caracterizan por pertenecer en su mayoría a conglomerados transnacionales y por poseer un alto grado de dolarización de sus pasivos. El sector transporte tiene una cobertura natural de su descalce, ya que cuenta con suficientes ingresos en ME para cubrir sus obligaciones de deuda en ME, mientras que el de telecomunicaciones no cuenta con esta cobertura, pero sí cuenta con *forwards* y con nutridos recursos en moneda local que superan varias veces sus amortizaciones de doce meses de endeudamiento en ME.

Por lo general, las firmas exportadoras tienen descalces que se cubren parcialmente con sus ingresos en ME. En términos de saldo y de flujo, las firmas más descalzadas y las que serían más vulnerables frente a fuertes devaluaciones de la tasa de cambio son las pequeñas, en particular las que cuentan con inversión extranjera y que no participan del comercio internacional o son netamente importadoras, para las cuales una parte no despreciable de los ingresos operacionales se destinarían a cubrir obligaciones de endeudamiento en ME y poseen bajos niveles de coberturas cambiarias. Frente a una devaluación, estas firmas, por estar concentradas en el mercado interno, tendrían la posibilidad de transferir los mayores costos mediante mayores precios de venta.

Las firmas sin endeudamiento en ME, particularmente las microempresas de servicios técnicos y comercializadoras, serían las más vulnerables cambiariamente. Por otro lado, las coberturas cambiarias son utilizadas principalmente por empresas grandes que tienen la capacidad de asimilar los costos asociados de mantener un programa de coberturas.

Los resultados de las estimaciones econométricas muestran que las firmas no calzan en su totalidad la composición por monedas de sus pasivos con la de sus activos e ingresos. En consecuencia, las que tienen deuda en dólares durante una depreciación no ven crecer el valor de sus activos e ingresos de forma proporcional con el valor de sus pasivos. Por tanto, el efecto de balance negativo generado por las fluctuaciones del tipo de cambio sobre la deuda no alcanza a ser compensado por el efecto de balance positivo del tipo de cambio sobre los activos e ingresos. Un resultado importante es que a medida que las empresas aumentan su *stock* de activos en dólares, mayor es su propensión a endeudarse en ME y a tener un mayor grado de dolarización de la deuda. Adicionalmente, los resultados sugieren que los efectos de balance son cuantitativamente importantes: incrementos exógenos de la deuda total, generados por el aumento del valor en moneda local de la deuda en dólares pueden tener efectos importantes en la inversión.

REFERENCIAS

- Aguiar, M. (2002). "Investment, Devaluation, and Foreign Currency Exposure: The Case of Mexico" (mimeo), Chicago, University of Chicago, Graduate School of Business.
- Allayannis, G.; Brown, G.; Klapper, L. (2001). "Exchange Risk Management: Evidence from East Asia", Policy Research Working Paper, núm. 2606, Washington, D. C., Banco Mundial.
- Allayannis, G.; Mozumdar, A. (2001). "The Investment-Cash Flow Sensitivity Puzzle: Can Negative Cash Flow Observations Explain It?", Charlottesville, University of Virginia, Darden Graduate School of Business Administration.
- Allayannis, G.; Ofek, E. (2001). "Exchange Rate Exposure, Hedging, and the Use of Foreign Currency Derivatives", *Journal of International Money and Finance*, núm. 20, pp. 273-296.
- Allayannis, G.; Weston, J., (2001). "The Use of Foreign Currency Derivatives and Firm Market Value", *Review of Financial Studies*, vol. 14, núm. 1, pp. 243-276.

- Arbeláez, M. A.; Steiner, R.; Salamanca, A., (2010). "Investment and Exposure to Exchange rate Changes in Colombia", Documento Fedesarrollo.
- Arellano, M.; Bond, S., (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", *Review of Economic Studies*, núm. 58, pp. 277-297.
- Arellano, M.; Bover, O. (1995). "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models", *Journal of Econometrics*, núm. 68, pp. 29-51.
- Banco de la República (2011) Recuadro 11 "Endeudamiento en moneda extranjera de las empresas colombianas". *Reporte de Estabilidad Financiera*, septiembre.
- Bartram, S.; Brown, G.; Fhele, F., (2004). "International Evidence on Financial Derivatives Usage", (mimeo), Chapel Hill, University of North Carolina, Kenan-Flagler Business School.
- Bernanke, B. S.; Gertler, M. (1995). "Inside the Black Box: The Credit Channel of Monetary Policy Transmission", working papers, núm. 5146, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Benavente, J. M.; Johnson, C.; Morandé, F. (2003). "Debt Composition and Balance Sheet Effects of Exchange Rate Depreciations: A Firm-Level Analysis for Chile", *Emerging Markets Review*, vol. 4, pp. 397-416.
- Bleakley, H.; Cowan, K. (2008). "Dollar Debt and Devaluations: Much Ado About Nothing?", *The Review Economics and Statistics*, vol. 90 núm. 4, pp. 612-626.
- Blundell, R.; Bond, S. (1998). "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models", *Journal of Econometrics*, núm. 87, pp. 115-143.
- Bonomo, M.; Martins, B.; Pinto, R. (2003). "Debt Composition and Exchange Rate Balance Sheet Effect in Brazil: A Firm-Level Analysis", *Emerging Markets Review*, núm. 4, pp 368-396.
- Calvo, G.; Izquierdo A.; Mejía L. F. (2004). "On the Empirics of Sudden Stops: The Relevance of Balance-Sheet Effects", working paper, núm. 509. Research Department, Inter-American Development Bank.
- Céspedes, L. F.; Chang, R.; Velasco, A. (2000). "Balance Sheets and Exchange Rate Policy", *NBER Working Paper*, núm. 7840. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Cowan, K.; Hansen, E.; Herrera, L. (2005). "Currency Mismatches, Balance-Sheet Effects and Hedging in Chilean Non-Financial Corporations", *Research Department Working Paper*, núm. 521, Washington, D. C., Banco Interamericano de Desarrollo.
- Echavarría, J. J.; Arbeláez, M. A. (2005). "Tasa de cambio y crecimiento económico en Colombia durante la última década", *Borradores de Economía*, núm. 338, Banco de la República.
- Endresz, M.; Gyongyosi, Gyoza; Harasztosi, Peter (2012). "Currency Mismatch and the Sub Prime Crisis Hungary", MNB, Working Paper, núm. 8.
- Echeverry, J. C.; Fergusson, L.; Steiner, R.; Aguilar, C. (2003). "Dollar Debt in Colombian Firms: Are Sinners Punished During Devaluations", *Emerging Markets Review*, núm. 4, pp. 417-449.
- Froot, K.; Sharfstein, D.; Stein, J. (1993). "Risk Management: Coordinating Corporate Investment and Financing Policies", *Journal of Finance*, vol. 48, núm. 5, pp. 1629-1658.

- Galindo, A.; Panizza, U.; Schiantarelli, F. (2003). "Debt Composition and Balance Sheet Effects of Currency Depreciation: a Summary of the Micro Evidence", *Emerging Markets Review*, núm. 4, pp. 330-339.
- Geczy, C.; Minton, B.; Schrand, C. (1997). "Why Firms Use Currency Derivatives", *Journal of Finance*, vol. 52, núm. 4, pp. 1323-1354.
- Goldstein, M.; Turner, P. (2004). *Controlling Currency Mismatches in Emerging Markets*, Washington, D. C., Institute for International Economics Publisher.
- Hubbard, G. (1998). "Capital-Market Imperfections and Investment" *Journal of Economic Literature*, American Economic Association, vol. 36, núm. 1, pp. 193-225, marzo.
- Kamil, H. (2012). "How do Exchange Rate Regimes Affect Firms Incentives to Hedge Currency Risk?: Micro evidence for Latin America. Washington", D. C., Fondo Monetario Internacional.
- Kandilov, I. T.; Leblebicioğlu, A. (2011): "The Impact of Exchange Rate Volatility on Plant-Level Investment: Evidence from Colombia", *Journal of Development Economics*, núm. 94.
- Krugman, P. (1999). "Balance Sheets, the Transfer Problem, and Financial Crises", *International Tax and Public Finance*, vol. 6, núm. 4, pp. 459-72.
- Lang, L.; Ofek, E.; Stulz, R. M. (1996). "Leverage, Investment, and Firm Growth", *Journal of Financial Economics*, vol. 40, núm. 1, pp. 3-29.
- Luengnaruemitchai, P. (2004). "The Asian Crises and the Mystery of the Missing Balance Sheet Effect", Berkeley, University of California, Department of Economics.
- McKinnon, R. I.; Pill, H. (1998). "The Overborrowing Syndrome: Are East Asian Economies Different?", en R. Glick, editor. *Managing Capital Flows and Exchange Rates: Perspectives from the Pacific Basin*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Myers, S. (1977). "Determinants of Corporate Borrowing", *Journal of Financial Economics*, núm. 5, pp. 147-175.
- Pratap, S.; Lobato, I.; Somuano, A. (2003). "Debt Composition and Balance Sheet Effects of Exchange Rate Volatility in Mexico: A Firm-level Analysis", *Emerging Markets Review*, vol. 4, núm. 4, pp. 450-471.
- Ranciére, R.; Tornell, A.; Vamvakidis, A. (2010), "Currency mismatch, Systemic Risk and Growth in Emerging Europe", octubre, pp. 597-658.
- Rodríguez Martínez, P. C. J. (2003). "Currency mismatches in Emerging Markets: causes and implications for firms' investment during currency crises", PH. D. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park.
- Zettelmeyer, J.; Nagy, P. M.; Jeffrey, S. (2010). "Addressing Private Sector Currency Mismatches in Emerging Europe", European Bank for Reconstruction and Development.

APÉNDICE DE RESULTADOS

Cuadro A.1

Test de Arellano-Bond de cero autocorrelación en primeras diferencias del error (modelo 1)

Modelo 1			Modelo 2		
Orden	z	Prob > z	Orden	z	Prob > z
1	-3,1074	0,0019	1	-3,0744	0,0021
2	-0,2885	0,7729	2	-0,2610	0,7941
H_0 : no autocorrelación			H_0 : no autocorrelación		

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A.2

Test de Sargan de sobreidentificación de restricciones (modelo 1)

H_0 : restricciones sobreidentificadas son válidas	
Modelo 1:	
chi2(90) =	78,92041
Prob > chi2 =	0,7916
Modelo 2:	
chi2(48) =	50,41457
Prob > chi2 =	0,3782

Fuente: cálculos de los autores.

En el modelo 1 se usaron 111 instrumentos para estimar 18 parámetros, así que hay 93 restricciones sobreidentificadas. A su vez, en el modelo 2 se usaron 60 instrumentos para estimar 9 parámetros (51 restricciones sobreidentificadas). Este test no se puede correr al haber estimado el modelo con errores estándar robustos ya que se requiere que los errores sean independientes e idénticamente distribuidos. Luego, se requiere correr este test sin la opción de robustez en los errores¹⁰.

En ambos modelos se acepta la hipótesis nula de validez en la sobreidentificación de restricciones.

10 Los resultados de las estimaciones presentadas sí fueron realizadas con la opción que garantiza errores estándar robustos.

16. INFRAESTRUCTURAS DEL MERCADO FINANCIERO: LECCIONES DE LA CRISIS PARA LOS BANCOS CENTRALES

Joaquín Bernal R.*

Las infraestructuras que facilitan la compensación y liquidación de transacciones negociadas en los mercados de pagos, valores, divisas y derivados financieros tuvieron un destacado desempeño durante la reciente crisis internacional. A lo largo de la misma, mostraron altos niveles de resistencia y contribuyeron a fortalecer la transparencia, a reducir la probabilidad de incumplimientos y a mitigar sus efectos cuando se presentaron. Gracias a ello, moderaron la incertidumbre proveniente de los mercados financieros, coadyuvaron en forma eficaz a contener el riesgo sistémico y fueron instrumentales en facilitar respuestas inmediatas de las autoridades (Heller y Hollander, 2010). Esta fortaleza también se evidenció en nuestro país, tanto en los momentos más críticos del colapso de la crisis de Lehman en 2008, como en situaciones específicas nacionales; por ejemplo, en la liquidación de algunas sociedades comisionistas de bolsa.

De esta forma, las infraestructuras del mercado financiero (a las que nos referiremos en adelante simplemente como “infraestructuras”) han contribuido en forma significativa a contener los desbordamientos de riesgos desde un participante en problemas hacia el resto de intermediarios financieros miembros de las redes de pago y liquidación. Cuando los riesgos se han materializado, los avances recientes en el diseño de las infraestructuras le han hecho exigible al intermediario incumplido que asuma la mayor parte de las consecuencias de sus decisiones, y que buena parte del riesgo residual sea asumida por sus contrapartes en la correspondiente infraestructura mediante procedimientos de “mutualización de pérdidas”. Así se ha mitigado el riesgo de socialización de las pérdidas por fuera de las infraestructuras, especialmente con recursos públicos del presupuesto nacional, y se ha contribuido a facilitar las decisiones de intervención por

* El autor es subgerente de la Subgerencia de Sistemas de Pago y Operación Bancaria. Agradece la valiosa contribución de Carlos León. Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad exclusiva del autor y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

parte de las autoridades públicas, incluso en el caso de intermediarios sistémicamente importantes, y a la “resolución” de estos procesos a un menor costo sistémico.

En este artículo se hace una revisión de la literatura sobre las problemáticas enfrentadas por las infraestructuras del mercado financiero durante las crisis, las lecciones aprendidas y las alternativas de políticas para los bancos centrales (BC), así como de breves ilustraciones del caso colombiano. El documento se divide en tres secciones. La primera, relativa a los atributos de red de las infraestructuras y sus problemáticas, repasa algunos conceptos básicos de política pública y riesgos financieros en las redes de pago y liquidación. La segunda aborda en mayor detalle la discusión sobre ocho principales problemáticas enfrentadas durante las crisis y las lecciones aprendidas. La tercera, a modo de conclusiones, reflexiona sobre la significativa contribución de los mecanismos de manejo de riesgo utilizados por las infraestructuras a la mitigación del riesgo sistémico y a aliviar la presión sobre las autoridades para salvar entidades financieras que puedan ser consideradas como sistémicamente importantes o, al menos, para amortiguar el costo social de esta decisión.

1. ATRIBUTOS DE RED DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL MERCADO FINANCIERO Y SUS PROBLEMÁTICAS

1.1 Consideraciones básicas de política pública

El Comité de Sistemas de Pagos y Liquidación (CPSS) del Banco de Pagos Internacionales (BIS) y el Comité Técnico de la Organización Internacional de Comisiones de Valores (Iosco) CPSS-Iosco (por su sigla en inglés) definen a las infraestructuras del mercado financiero como:

[...] un sistema multilateral que reúne a las instituciones financieras participantes, incluido el operador del sistema, utilizado con la finalidad de compensar, liquidar o registrar pagos, valores, derivados u otras operaciones financieras. Las infraestructuras suelen establecer un conjunto de reglas y procedimientos comunes a todos los participantes, una infraestructura técnica y un marco especializado de manejo del riesgo que es adecuado para los riesgos a los que están expuestas.

El término *infraestructuras* se refiere a los sistemas de pago de importancia sistémica, los depósitos centralizados de valores, los sistemas de liquidación de valores, las entidades de contrapartida central y los repositorios de transacciones¹.

Las infraestructuras constituyen redes de valor que vinculan a intermediarios financieros (a los que nos referiremos en adelante simplemente como “intermediarios”) en transacciones de importancia sistémica y en las cuales las decisiones estratégicas de cada participante tienen repercusiones sobre los demás. El alto valor y la rápida rotación de

1 El Banco Mundial (2013) utiliza el término *infraestructuras financieras* para ampliar la gama de infraestructuras de referencia a los sistemas de negociación y de registro de operaciones.

las transacciones financieras que cursan por las infraestructuras requieren de grandes cantidades de recursos líquidos (depósitos en el banco central o en bancos comerciales) o de financiamiento con crédito bancario intradía para su liquidación oportuna y segura. Incumplimientos o retrasos en estos pagos pueden llevar al sistema en su conjunto a grandes riesgos de crédito y de liquidez. Otros riesgos que surgen de la interacción entre los intermediarios participantes en las infraestructuras son los riesgos legales, de negocio, custodia, inversión y operacionales, entre otros.

Al respecto, el CPSS-Iosco (2012) advierte que,

[...] las fuerzas del mercado por sí solas no lograrán necesariamente la consecución plena de los objetivos de política pública de seguridad y eficiencia porque las infraestructuras y quienes participan en ellas no siempre asumen todos los riesgos y costos relacionados con sus actividades de pago, compensación, liquidación y registro. [...] Es posible, asimismo, que los participantes no tengan en cuenta toda la repercusión de sus acciones en los otros participantes, como es el caso de los posibles costos que se derivan de demorar los pagos o las liquidaciones. En general, una infraestructura y quienes participan en ella pueden dar lugar a externalidades negativas considerables para el sistema financiero y la esfera real de la economía si no gestionan adecuadamente sus riesgos.

Mediante la centralización de ciertas actividades, las infraestructuras le permiten a sus participantes identificar, determinar causas, mitigar, hacer seguimiento y gestionar en forma más eficaz y eficiente la amplia gama de riesgos que generan o se transmiten mediante dichas infraestructuras, e incluso eliminar ciertos riesgos. También, promueven la transparencia en ciertos mercados (CPSS-Iosco, 2012). De esta forma, los riesgos son más visibles y fácilmente cuantificables cuando están centralizados y son manejados por una infraestructura, frente a cuando estos mismos riesgos están distribuidos alrededor de todo el sistema de manera bilateral y son manejados en forma descentralizada por los agentes del mercado (Summers, 2012).

Sin embargo, las infraestructuras también concentran riesgos que, si no son adecuadamente manejados, las pueden convertir en fuentes de riesgo financieros, tales como desajustes de liquidez y pérdidas de principal, así como en canales de transmisión y contagio de tales riesgos por intermedio de los mercados financieros, en especial en momentos de estrés de mercado. Los efectos de tales perturbaciones podrían extenderse mucho más allá de las infraestructuras y de quienes participan en ellas, y poner en peligro la estabilidad de los mercados financieros nacionales e internacionales, y de la economía en su conjunto (CPSS-Iosco, 2012).

En consecuencia, una infraestructura estable es aquella que puede funcionar normalmente y mantener la confianza, incluso si enfrenta eventos de tensión severos, tales como los debidos a la insolvencia de un gran participante o la incapacidad de movilizar la liquidez necesaria para cumplir obligaciones de pago de forma oportuna (Summers, 2012). De allí que los principales objetivos de política pública en relación con estas infraestructuras sean

fortalecer la seguridad y eficiencia de la compensación y la liquidación, limitar el riesgo sistémico y promover la transparencia y la estabilidad financiera².

Para prevenir que las infraestructuras constituyan fuentes o canales de transmisión de tensiones financieras entre mercados o entre entidades financieras, es necesario incrementar su capacidad para soportar choques inesperados, así como asegurar que sus controles de riesgo tengan en mente la estabilidad del sistema financiero en su conjunto. Con tal fin las autoridades públicas han promulgado estándares internacionales que las infraestructuras deben cumplir; los más recientes están contenidos en los “Principios aplicables a las infraestructuras del mercado financiero”, del CPSS-Iosco (2012).

1.2 Riesgos financieros básicos en las redes de pago y liquidación

Hasta finales del siglo XX predominaron en el mundo de pagos y valores los documentos físicos (*e. g.*: cheques, giros, títulos-valores negociables mediante endoso, entre otros). Acorde con este entorno, el mecanismo de compensación de las órdenes de pago predominante fue el de compensación y liquidación neta diferida de documentos físicos. Desde esta lógica operativa los intermediarios acuerdan que, sin perjuicio de que a lo largo del día intercambien sus respectivas instrucciones de pago, hay unos pocos momentos previamente definidos (por lo general, un único momento al final del día) en los que se suma la totalidad de las transacciones pactadas hasta ese momento y se compensa el conjunto de las obligaciones a favor y en contra de cada uno de ellos, con el fin de obtener un resultado “neto” único para cada participante. Los intermediarios que computen un saldo “neto” en su contra deben canalizar pagos por intermedio del administrador del sistema (*e. g.*: el banco central) hacia los intermediarios que tengan un saldo neto a su favor. Las cámaras de compensación de cheques son un ejemplo de un sistema de pagos que opera bajo esta modalidad.

Este mecanismo de compensación presenta el gran inconveniente, desde el punto de vista de la estabilidad del sistema financiero en su conjunto, de que, de manera implícita, los intermediarios se otorgan crédito entre ellos a lo largo de todo el día y ningún participante tiene certeza sobre el cumplimiento de las obligaciones que sus contrapartes tienen con él sino hasta el final del día, o el lapso que dure el ciclo de liquidación. En consecuencia, si la expectativa que tiene cada participante de que recibirá cumplidamente los pagos que espera de sus demás contrapartes no se cumple, y si otro(s) participante(s) en el sistema termina(n) el día con fondos insuficientes para honrar sus obligaciones, su incumplimiento puede inducir a que otros, a su turno, le incumplan a los demás (*i. e.*: efecto sistémico).

Justamente este tipo de riesgos se manifestó con gran fuerza tanto en la quiebra del Herstatt Bank en 1974, como durante la crisis asiática de 1998 (casos de Tailandia, Indonesia y Corea del Sur, entre otros). Estos eventos ilustran cuán devastador puede ser el efecto de la transmisión de choques sistémicos por intermedio de infraestructuras débilmente equipadas para mitigar y contener los riesgos de contraparte en la liquidación de operaciones pecuniarias.

2 Además de lo anterior, las infraestructuras de pagos y de valores desempeñan un papel clave para los bancos centrales en la implementación de la política monetaria.

Paulatinamente, los avances en las tecnologías de información y comunicaciones permitieron la emergencia y consolidación de un mecanismo alternativo para el cumplimiento final y definitivo de las obligaciones pecuniarias: la liquidación bruta en tiempo real (LBTR). Bajo esta modalidad cada pago es procesado individualmente (en forma “bruta”) y se paga (liquida) inmediatamente y de manera irrevocable, en tiempo real, si y solo si hay suficientes fondos en la cuenta del agente ordenante (lo cual se conoce como orden de pago tipo “crédito”). De lo contrario, la operación es rechazada.

El uso creciente del mecanismo de LBTR fue promovido desde mediados de los años noventa por las autoridades públicas en un esfuerzo por reducir el riesgo de liquidación y el riesgo sistémico (CPSS-BIS, 1997), pues evita la agregación de exposiciones de riesgos entre participantes en los sistemas de pago y liquidación a lo largo del día.

Otro importante beneficio es que el dinero o valores recibidos por cada quien están inmediatamente disponibles para efectuar pagos a otros. Además, facilita el “intercambio por valor” entre activos financieros que se liquidan en diferentes infraestructuras, haciendo más segura y eficiente la entrega-contrapago de (títulos) valores contra dinero, o el pago-contrapago de monedas extranjeras contra moneda nacional. De acuerdo con cifras del Banco Mundial (World Bank, 2011), los sistemas de pago utilizaban esta modalidad de liquidación en alrededor de 120 países en 2010.

Ahora bien, los sistemas de LBTR son mucho más exigentes que los sistemas de liquidación neta diferida en lo que concierne al manejo de fondos (o “liquidez”) por parte de los intermediarios financieros. Ello es así porque requiere que cada participante tenga suficientes recursos en su cuenta con los cuales cubrir cada orden de pago individual. Esta exigencia es mayor mientras más alta sea la “rotación de saldos”, es decir, la relación entre el valor total de pagos que deben ser liquidados cada día y el saldo en cuenta de dinero (o de valores) de cada intermediario³. La tensión de liquidez que de allí se desprende puede conducir a demoras en la realización de los pagos y a entramamientos, o *gridlocks*, en las infraestructuras de liquidación. Es decir, los atributos de red de los sistemas de pago (SP) hacen que la problemática fundamental de los sistemas basados en la LBTR se centre en la liquidez⁴. En ese sentido, tal como lo señalan Bech y Soramäki (2002), se cambió el riesgo de contraparte (riesgo de crédito) en la liquidación de las operaciones por un mayor riesgo de liquidez.

Las fuentes de recursos líquidos de que disponen los participantes en un sistema LBTR son: i) los saldos en sus cuentas de depósito en el banco central; ii) los recursos obtenidos mediante operaciones de mercado monetario con otros intermediarios, por operaciones simultáneas, repos o préstamos interbancarios sin colateral; iii) la liquidez provista por el banco central bajo diferentes modalidades (operaciones de mercado abierto [OMA], repos intradía y otras), iv) los pagos que reciben de otros participantes (CPSS-BIS, 1997 y 2005).

3 Esta “rotación de saldos” es alrededor de cinco veces en Colombia (llegó a ser superior a ocho a principios del nuevo siglo). En aquel tiempo el caso de Suiza superaba las cincuenta veces, mientras que en los Estados Unidos y el Reino Unido, las cien veces.

4 Adicionalmente, tal como lo señala León (2012), la creciente relevancia de los mercados de capitales y de las entidades no bancarias refuerza la importancia de la liquidez de los mercados financieros.

De lo anterior se desprende que la oportunidad en la liquidación de operaciones y el costo en que incurren por ello los intermediarios participantes en un sistema de pagos que opere bajo la modalidad de LBTR dependerá tanto del diseño de las políticas monetarias y operativas⁵ de los sistemas de pago por parte de los bancos centrales (que influyen sobre la liquidez disponible), como de factores asociados con la interacción estratégica entre ellos; es decir, de la dinámica de pagos entre intermediarios. Mientras mayor sea la rotación de saldos, mayor será la dependencia del sistema en el círculo virtuoso de acciones coordinadas entre los participantes.

Puesto en otros términos, se puede afirmar que la principal fuente de incertidumbre en cuanto a las necesidades de liquidez intradía de un participante en un sistema de LBTR con altos niveles de rotación de saldos es la falta de sincronía o descalce de oportunidad en la recepción de la liquidez (pagos recibidos) con respecto a su utilización (pagos hechos a otros). Si un intermediario no dispone de suficiente liquidez propia (encaje) o está acotado en su capacidad de acceso al mercado monetario o a la liquidez del banco central (bien sea por tener un nivel insuficiente de garantías admisibles para el efecto o por restricciones regulatorias), dependerá entonces más significativamente de los pagos entrantes a su cuenta para efectuar sus propios pagos. Ello lo expone a mayores tensiones de liquidez si sus contrapartes le aplazan o suspenden pagos, lo cual, a su turno, impactará negativamente a otros participantes, materializándose una “externalidad negativa”. Esto puede llevar a mayores necesidades de liquidez intradía del sistema en su conjunto y a una mayor fragilidad del sistema.

Cuando emergen dudas acerca de la condición de solvencia o de liquidez de una contraparte, y no existe suficiente claridad sobre las conexiones y exposición de riesgo entre los participantes, se presentan efectos rebaño, pánico e inestabilidad. La coordinación sobre la cual descansa el buen funcionamiento de los sistemas de LBTR se ve afectada por la pérdida de confianza entre las partes, donde cada quien “atesora” liquidez (*liquidity hoarding*) para satisfacer sus propias necesidades y se vuelve más reacio a realizar oportunamente sus pagos.

En una coyuntura así cabe también esperar que surjan tensiones en el mercado monetario y en las tasas de interés de fondeo. Esto le dificulta al banco central juzgar la posición de liquidez del sistema financiero.

2. PROBLEMÁTICAS ENFRENTADAS POR LAS INFRAESTRUCTURAS DEL MERCADO FINANCIERO DURANTE LAS CRISIS, LECCIONES APRENDIDAS Y ALTERNATIVAS DE POLÍTICA PARA LOS BANCOS CENTRALES

Cualquier intento por sintetizar en unas pocas páginas las ricas experiencias y lecciones del último lustro en nuestro país y en el plano internacional corre el riesgo de ser incompleto y de dejar de lado importantes elementos. Sin embargo, en esta sección se presenta

5 En especial, los algoritmos de manejo de operaciones en cola de espera por faltante de saldos disponibles en las cuentas de los participantes y las facilidades de optimización de la liquidez, por ejemplo mediante *set-off queuing* o neteo simulado de operaciones en cola, sujeto a la disponibilidad de saldos en cuenta.

una breve síntesis de algunos de los eventos más significativos. En cada caso, se hace también una breve ilustración sobre el caso colombiano.

2.1 Las infraestructuras han tenido un sólido desempeño durante las crisis recientes

Las infraestructuras han mostrado altos niveles de resistencia y capacidad de recuperación. Gracias a ello, han sido efectivas en moderar la incertidumbre proveniente de los mercados financieros, coadyuvar en forma eficaz a contener el riesgo sistémico y en facilitar respuestas inmediatas de las autoridades.

Puede entonces afirmarse que el esfuerzo colectivo en este frente de los administradores y los participantes en las infraestructuras y de las autoridades de regulación, supervisión y seguimiento desde mediados de la década de los noventa ha logrado el propósito de fortalecer la transparencia, desarrollar mecanismos efectivos de contención de riesgos idiosincrásicos, reducir la probabilidad de incumplimientos y mitigar los costos de los incumplimientos cuando ellos se han materializado (Heller y Hollanders, 2010; Summers, 2012).

Entre los mecanismos de reducción de la probabilidad de incumplimientos cabe destacar en particular los siguientes:

- La exigencia de requisitos de participación (acceso a las infraestructuras en calidad de participante directo) uniformes y amplios, pero basados en criterios de control de riesgo estrictos.
- La creciente utilización de sistemas de pago y de liquidación de valores de tipo “crédito” (como en la LBTR), en lugar de la liquidación tipo “débito” (como en la liquidación neta diferida). La primera elimina la incertidumbre sobre exposiciones de crédito con contrapartes, pues le hace exigible al pagador la demostración de disponibilidad de saldo en cuenta, previa a la ordenación de la transferencia de recursos. Otro de los beneficios de la LBTR es que le otorga disponibilidad inmediata de los recursos al receptor de los pagos y valores.
- El “intercambio por valor” (entrega de valores o divisas contra el pago en dinero en moneda nacional) que elimina el riesgo de principal, con la intervención del operador de la infraestructura en el control de la suficiencia de fondos y activos disponibles para honrar las obligaciones de las partes negociadoras.
- El uso por parte del operador de las infraestructuras de otras herramientas de control, como el monitoreo en tiempo real a los estados de liquidez, la administración de límites operativos a la máxima exposición de riesgo de pérdida generada por las posiciones de cada participante y por la variación de los precios de mercado, así como a los costos financieros de las exposiciones potenciales de riesgo de los participantes.

En cuanto a los mecanismos para mitigar los costos e impacto de los incumplimientos, se pueden citar, entre otros:

- La exigencia de garantías para cubrir las exposiciones de riesgo individuales de cada participante, en especial en sistemas de neto diferido, pero también en operaciones brutas; ellas no solo se exigen como precondition a la aceptación de operaciones para liquidación en las infraestructuras sino que, además, se ajustan (se hacen “llamados a margen” adicionales) en función de la volatilidad de los precios de los activos (subyacentes) negociados y las condiciones de volatilidad de los correspondientes mercados.
- La exigencia de modelos de riesgo que consideren eventos extremos, pero plausibles, para diseñar los diferentes mecanismos de protección que pueden establecer las infraestructuras.
- Acceso a fuentes de liquidez transitorias “de última instancia” de proveedores privados externos.
- Conformación y uso de fondos de garantías colectivos, y de patrimonio de respaldo de las infraestructuras⁶.
- Acciones que faciliten a las sobrevivientes compartir las pérdidas originadas por el incumplimiento de otro participante, así como asumir posiciones y funciones de una entidad incumplida, intervenida o en dificultades, como la cesión de los activos y pasivos.

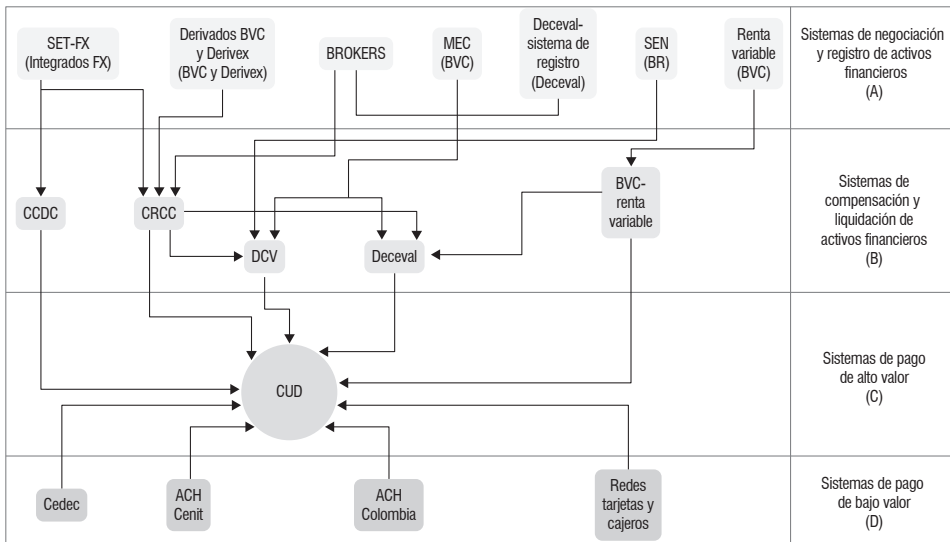
Estos mecanismos tienen como efecto que cada participante (y sus clientes, en lo aplicable) respalde sus obligaciones con garantías idóneas (del tipo “el incumplido paga”) y que, en forma complementaria, se acuerden garantías colectivas y procedimientos de distribución de pérdidas entre los sobrevivientes (del tipo “los sobrevivientes pagan”). Todo ello contribuye a limitar los desbordamientos de riesgos desde un participante en problemas hacia el resto de intermediarios miembros de las redes de liquidación. Y cuando los riesgos se materializan, el intermediario incumplido asume la mayor parte de las consecuencias de sus decisiones, mientras que una fracción significativa del riesgo residual se reparte entre el conjunto de participantes en la correspondiente infraestructura, en especial en el caso de las entidades de contrapartida central (ECC) y cámaras de neteo protegido. De esta forma, se “mutualiza” el costo del incumplimiento de los participantes dentro de las infraestructuras, y se mitiga el riesgo de socialización de las pérdidas por fuera de ellas, al tiempo que se evita utilizar fondos públicos en los procesos de liquidación de entidades financieras.

6 Según Haene y Sturm (2009), una administración óptima de riesgos de las entidades de contrapartida central (ECC) podría contemplar una combinación de requerimientos de garantías individuales y garantías colectivas. De esta forma, las pérdidas generadas por el incumplimiento de un participante serán asumidas por el participante incumplido inicialmente y, posteriormente, por el fondo de garantías constituido con garantías aportadas por todos los miembros. Una práctica común es establecer los requisitos de margen para cubrir las pérdidas sufridas en caso de un incumplimiento de un participante bajo las circunstancias normales de mercado, mientras que un fondo de garantías cubriría las pérdidas en exceso de los márgenes. En lo pertinente, esta apreciación técnica es válida no solo para el caso de los ECC sino también para otras modalidades de “protección del neteo” en cámaras de compensación (como por ejemplo la Cámara de Compensación de Divisas de Colombia).

2.1.1 Caso colombiano

El Diagrama 1 permite visualizar de una forma general la infraestructura del mercado financiero en Colombia. Desde 1998 el sistema de pagos de alto valor CUD liquida operaciones bajo el mecanismo de LTBR. Este mismo se aplica también para la liquidación de operaciones sobre títulos de deuda pública en el DCV (que inició operaciones en 1993), de las cuales el 97% se cumple bajo la modalidad de entrega contra pago (EcP)⁷. También, Deceval (depósito centralizado de valores privado) está interconectado con el CUD para liquidar operaciones sobre títulos de deuda privada bajo la modalidad EcP; y los sistema de pago de bajo valor (ACH, la Cámara de Compensación de Cheques, las redes de tarjetas de pago, etc.) tienen acceso al CUD para liquidar las posiciones multilaterales netas de sus afiliados al final de sus ciclos de compensación diarios. En 2012 el promedio diario de operaciones cursadas por el CUD fue de \$38 billones, equivalentes al 5,7% del PIB; de ellas, el 45,5% se realizaron con valores de deuda pública custodiados en el DCV.

Diagrama 1
Infraestructura del mercado financiero en Colombia



Fuente: Banco de la República (2013).

7 Para el cumplimiento de una operación sobre valores bajo la modalidad de EcP, el administrador de una central depositaria de valores (como, por ejemplo, el DCV en Colombia) permite liquidar el extremo (título) valor si y solo si el vendedor del mismo dispone de saldo suficiente en su cuenta de valores para efectuar el débito y si, al mismo tiempo, el comprador dispone de saldo suficiente en su cuenta de dinero (en el sistema de pagos de alto valor del Banco de la República, conocido por sus siglas como CUD). De lo contrario, la operación es enviada a una cola de espera para procesarla más tarde en el mismo día, o es rechazada definitivamente si el día termina sin disponibilidades para efectuar los correspondientes débitos.

Cabe resaltar los importantes avances que ocurrieron en la infraestructura en la segunda mitad de la década de los dos mil con la conformación de las cámaras de Compensación de Divisas (CCD) y de Riesgo Central de Contraparte (CRCC). Ambas operan bajo la modalidad de compensación multilateral neta, basadas en rigurosos modelos de mitigación de riesgos y administración de garantías.

En el caso de la CCD, esta permite el “intercambio por valor” o “pago contra pago” de dólares estadounidenses contra pesos colombianos. De esta forma, protege el principal de la operación en forma bruta (es decir, para cada operación individual), a pesar de que permite la compensación y el fondeo financiero neto de las operaciones. Aunque no es una contraparte central, para aceptar cada transacción individual entre intermediarios del mercado cambiario (IMC) exige el respaldo de cada una con suficientes garantías (márgenes iniciales), así como de exigencias adicionales de garantías en función de la volatilidad de la tasa de cambio. Los mecanismos de garantía mitigan el riesgo de mercado al que están expuestos los IMC participantes. Cabe destacar que, apenas unos pocos meses después de haber sido creada, fue sometida a la dura prueba de la volatilidad de los mercados cambiarios internacionales desencadenada por la quiebra de Lehman Brothers, además de otras pruebas posteriores, las cuales ha estado en capacidad de enfrentar con suficiencia. En 2012 el valor promedio de operaciones compensadas por la CCD fue de COP1,9 billones (USD1 miles de millones).

La CRCC, por su parte, inició operaciones en 2008. Esta cámara presta servicios de compensación y liquidación en el mercado de derivados, interponiendo su plataforma financiera para actuar como comprador de todo vendedor y vendedor de todo comprador (novación) en calidad de contraparte central. De esta manera, funge como acreedor y deudor recíproco de las obligaciones y derechos que se generan en los mercados que ella atiende. Estos son: 1) derivados estandarizados sobre activos financieros negociados en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC); 2) derivados estandarizados sobre *commodities* de energía negociados en Derivex, y 3) derivados sobre tasa de cambio peso-dólar negociados en el mercado mostrador (OTC). En la sección 2.6 se ilustra en una forma más detallada el modelo de administración de riesgos, manejo de límites operativos y garantías de las entidades de contrapartida central.

El valor total de los contratos operados por la CRCC pasó de \$3,5 billones en 2009 (0,7% del PIB) a \$118 billones en 2012 (18% del PIB); el flujo diario de operaciones liquidadas alcanzó un promedio de \$489 mm en 2012. Los contratos estandarizados representan el 54% del total en el último año; los *forward* sobre la tasa representativa del mercado (TRM) han venido ganando participación rápidamente⁸, hasta llegar al 46% en 2012. Las negociaciones *over the counter* (OTC) sobre TRM representan cerca del 90% del total negociado en derivados.

Tanto por el alcance y cobertura de las infraestructuras, que atienden una gama tan amplia de mercados en forma segura, como por el volumen de operaciones canalizadas por ellas, Colombia se destaca en el contexto latinoamericano, junto con Brasil y México.

8 Ello se explica, en parte, por la decisión del Banco de la República con respecto a que los derivados sobre tasa de cambio liquidados por la CRCC no computarían para el cálculo de la posición bruta de apalancamiento de los intermediarios del mercado cambiario.

2.2 La importancia del acceso a la liquidez del banco central en momentos de tensión

El acceso a la liquidez, especialmente en dinero del banco central, y su eficiente manejo por parte de las infraestructuras y los diferentes mercados tiene una importancia determinante en momentos de tensión. La liquidación en dinero de bancos comerciales puede ser fuente de inestabilidad, ya que el propio agente liquidador está expuesto a riesgos de incumplimiento, o incluso quiebra.

Además, las crisis recientes han evidenciado que el acceso al fondeo en el mercado monetario por canales privados no debe asumirse como un hecho cierto y puede escasear o no estar disponible en la oportunidad requerida. Las presiones de liquidez pueden tener diferentes causas: operacionales, específicas de un intermediario o generalizadas en el mercado. Son difíciles de predecir porque dependen del comportamiento de los mercados, así como de requerimientos de los clientes y las contrapartes.

Como lo señala Capel (2011), en momentos de tensión debe evitarse cualquier sospecha sobre la capacidad de responder con liquidez. Las fuentes de liquidez se secan porque puede haber retiros de clientes, las contrapartes demoran pagos, las líneas de crédito de corresponsales son suspendidas y los clientes pueden requerir desembolsos de líneas *stand by* comprometidas, antes no utilizadas. Las contrapartes se vuelven menos confiables, y hacer operaciones en mercados “mayoristas” es más difícil y menos predecible. Los mercados se vuelven ilíquidos, y las presiones de liquidez se pueden transformar en una crisis sistémica o incluso de solvencia.

En consecuencia, el análisis de la regulación aplicada por los bancos centrales (BC) a los intermediarios financieros en lo relativo a servicios de sistemas de pago de importancia sistémica, cuentas y facilidades de liquidez, gama de garantías admisibles, plazo de las operaciones y otras, reviste especial importancia.

Para enmarcar el análisis de esta problemática es conveniente partir de la consideración que las condiciones de acceso de un intermediario financiero a las infraestructuras de compensación y liquidación, como participante directo o indirecto (en este último caso como usuario o dependiente de los servicios de un “corresponsal”), tienen implicaciones significativas sobre la oportunidad, costo, eficiencia y seguridad de los pagos, y sobre las políticas de competencia en el sector financiero (Marquardt, 1994). Ambas alternativas plantean ventajas y desventajas para los intermediarios y hay diversas consideraciones de riesgos de crédito, liquidez y legales que deben ser tenidas en cuenta al evaluar los beneficios y costos de niveles alternativos de acceso a una infraestructura por parte de los intermediarios.

En los momentos de tensión en los mercados financieros, sin embargo, las exposiciones de riesgo se incrementan y la existencia de asimetrías de la información entre un participante directo (“corresponsal”) y sus clientes tiene una incidencia determinante sobre los ciclos de negociación y liquidación de operaciones. La reciente crisis financiera internacional nos recordó que, incluso, bancos grandes pueden quebrar y transmitir los riesgos financieros a los demás intermediarios financieros y sus clientes. Lo contrario también es válido, en el sentido en que grandes clientes pueden ejercer presiones sobre sus bancos corresponsales en circunstancias extremas.

En tales circunstancias, el acceso directo de un intermediario a las infraestructuras con el fin de propiciar la transferencia segura, oportuna e irrevocable de activos financieros para

cumplir sus propias obligaciones de pago puede contribuir a mitigar riesgos, comparado con el escenario de tener que recurrir a un banco intermediario. En relación con esta materia, los “Principios aplicables a las infraestructuras financieras”, del CPSS-Iosco (2012), promueven la participación “uniforme (no discriminatoria) y amplia” de los participantes del mercado en las infraestructuras, como un medio para estimular la competencia y promover la eficiencia. Se reconoce, sin embargo, que puesto que las infraestructuras son redes multilaterales complejas que vinculan a instituciones financieras en transacciones de importancia sistémica, sus administradores deben asegurarse de que los participantes satisfagan los más altos requisitos financieros, operacionales y de capacidad de manejo de riesgos, de forma que sus actividades no generen riesgos indebidos sobre otros.

En la medida en que los bancos centrales se han consolidado en casi todo el mundo como los administradores de los sistemas de pago de importancia sistémica, los términos y condiciones en que ellos otorgan acceso a los servicios de estos sistemas y, en especial, a las cuentas en los BC y a la liquidez que estos proveen, revisten una especial relevancia.

La experiencia internacional a este respecto es bien variada. Según una encuesta del Banco Mundial (World Bank, 2011), con la participación de 132 BC representando 139 países de todas las regiones del mundo, los BC eran los operadores de sistemas de LBTR en 112 países. Los bancos comerciales tenían acceso a ellos como participantes directos en un 94% de los casos, y otro tipo de entidades financieras no bancarias, en un 64% de los casos. Sin embargo, mientras que el 72% de los bancos también tenían acceso a facilidades de liquidez de los BC, solamente 26% de los intermediarios no bancarios se beneficiaban de aquellas.

Lo que ello refleja es que entre los bancos centrales aún predomina la visión tradicional de considerar a los bancos comerciales como “corresponsales” transaccionales de los demás agentes de la economía (incluyendo otros intermediarios) y de otorgarles, por tal motivo, unas condiciones más favorables en el acceso a las facilidades de liquidez ofrecidas (comúnmente mediante operaciones repo). Ello se explica por el dilema que enfrenta la autoridad monetaria entre sus objetivos, por un lado, de política de sistema de pagos y, por el otro, los de política monetaria.

El primer objetivo, consistente en la utilización de la liquidez del BC para el buen funcionamiento del sistema de pagos, promueve la liquidación final de las operaciones de mercados financieros mediante el uso del activo más seguro y líquido posible, que es el dinero del BC. Para el cumplimiento de este objetivo es conveniente que la autoridad monetaria provea adecuada liquidez intradía a los participantes del sistema de pagos. Pero si estos incumplen el repago de las facilidades de liquidez del banco central al final del día, pueden generarse sorpresas imprevistas sobre las metas monetarias (*i. e.*: el segundo objetivo) y enviarse señales distorsionadas sobre la posición de liquidez del sistema financiero.

Este dilema se ha exacerbado debido a las innovaciones en el funcionamiento y organización del sistema financiero, y a la creciente importancia sistémica de los intermediarios no bancarios en virtud de su interconexión en las redes de negociación y pago. De allí que un número significativo de bancos centrales haya considerado ampliar la gama de contrapartes elegibles para sus operaciones de provisión de liquidez como un instrumento adicional de apoyo a la estabilidad, tanto de intermediarios individuales como del mercado en su conjunto (Bernal, 2012).

Un corolario de lo anterior es que, como los eventos sistémicos originados en el mercado se han vuelto crecientemente relevantes debido a la cada vez mayor importancia de los intermediarios no bancarios, el diseño de las políticas de manejo de liquidez de los bancos centrales cada vez más incluye entre sus consideraciones no solo las necesidades de liquidez de entidades individuales sino también las necesidades de liquidez del mercado.

Las herramientas para manejo de crisis de liquidez, que fueron diseñadas para corridas bancarias (prestamista de última instancia, seguro de depósitos, etc.), también han debido ajustarse, ya que han sido insuficientes para enfrentar choques de liquidez sistémicos y de larga duración, originados en los mercados de activos financieros. Ello explica que, según la experiencia de los últimos años, un gran número de bancos centrales haya ampliado el plazo de sus operaciones de liquidez, la gama de garantías admisibles como colateral de las mismas y, como ya se indicó, la gama de intermediarios contrapartes admisibles de sus operaciones de liquidez. Con ello han propendido porque la liquidez llegue a un amplio número de intermediarios que la requieren en situaciones de tensión y asimetrías crecientes de información que afectan el fluido funcionamiento de los mercados monetarios. Pero ello también plantea significativas disyuntivas de riesgo moral para la autoridad monetaria.

2.2.1 Caso colombiano

Como marco general, resulta relevante mencionar que el Banco de la República (BR) cuenta con tres facilidades para otorgar liquidez: i) la liquidez macro (por medio de las operaciones de mercado abierto), cuyo objetivo es la implementación de la política monetaria; ii) la liquidez para sistemas de pago (repo intradía y repo *overnight*), que busca aliviar las tensiones de liquidez en el sistema de pagos, y iii) la liquidez para la estabilidad financiera como prestamista de última instancia (apoyos transitorios de liquidez), con el fin de superar problemas transitorios de liquidez.

Las primeras dos facilidades se desprenden de las facultades que le otorga el artículo 16 de la Ley 31 de 1992. Esta medida establece que al BR le corresponde estudiar y adoptar medidas monetarias, crediticias y cambiarias para regular la circulación monetaria y, en general, la liquidez del mercado financiero y el normal funcionamiento de los pagos internos y externos de la economía, velando por la estabilidad del valor de la moneda. Para tal efecto, el literal b) del mismo artículo estipula que la Junta Directiva podrá:

Disponer la realización de operaciones en el mercado abierto con sus propios títulos, con títulos de deuda pública o con los que autorice la Junta Directiva, en estos casos en moneda legal o extranjera, determinar los intermediarios para estas operaciones y los requisitos que deberán cumplir éstos. En desarrollo de esta facultad podrá disponer la realización de operaciones de reporto (repos) para regular la liquidez de la economía.

La tercera facilidad se fundamenta en la función constitucional del BR como prestamista de última instancia de los establecimientos de crédito, la cual se reglamenta en el artículo 12 de la Ley 31 de 1992, al establecer que se pueden otorgar apoyos transitorios de liquidez mediante contratos de descuentos y redescuentos en las condiciones que determine la Junta Directiva.

El repo intradía comenzó a operar en 1998 y es empleado por las instituciones financieras autorizadas para tal fin para cubrir sus faltantes de liquidez durante el día de operaciones. Esta operación tiene un costo de 0,1% sobre el valor del repo, y el colateral ha sido, por excelencia, títulos de deuda pública del gobierno nacional. En ese entonces se autorizó este tipo de operaciones a los establecimientos de crédito que fuesen agentes colocadores de OMA (ACO). Posteriormente, en 2001, además se autorizó la conversión del repo intradía en repo *overnight*, pero a un alto costo (equivalente a la tasa Lombarda de expansión, más 100 puntos básicos [pb]) a fin de desincentivar su ocurrencia. Esta modalidad se genera automáticamente al cierre de operaciones de cada día hábil cuando el intermediario no cancela el repo intradía⁹.

A medida que se autorizó a otro tipo de entidades para operaciones de expansión transitoria, el acceso a las facilidades de liquidez por repo intradía también se extendió a esas entidades. Por ejemplo, en agosto de 2002 se estableció que las sociedades comisionistas de bolsa (SCB) y las sociedades fiduciarias que fuesen ACO podrían presentar ofertas de expansión y contracción monetaria en nombre propio y en nombre de terceros, al tiempo que se estableció que son usuarios del mecanismo de repo intradía todos los ACO que puedan realizar operaciones de expansión transitoria en el BR.

Luego, en septiembre de 2011 se estableció que las operaciones de repo intradía no tendrían cupo límite¹⁰. Con esto se consiguió que entidades como los establecimientos de crédito, las SCB y sociedades fiduciarias, con necesidades particulares de liquidez intradía, puedan utilizar sus portafolios de títulos elegibles (*i. e.*: títulos de deuda pública) para acceder a la liquidez del banco central y así evitar situaciones que puedan afectar el funcionamiento del sistema de pagos. Así mismo, esta medida constituye un aliciente para que las instituciones financieras fortalezcan su portafolio de activos admisibles en operaciones de liquidez con la autoridad monetaria.

Posteriormente, en noviembre de 2012 el Banco de la República amplió la gama de títulos elegibles para sus operaciones de expansión transitoria, al permitir la utilización de bonos ordinarios, certificados de depósito a término (CDT), papeles comerciales, entre otros. Esta facilidad estuvo dirigida solo a las SCB con potenciales necesidades de liquidez, luego de la toma de posesión de Interbolsa, pero no resultó en una utilización significativa de dichos títulos como colateral en las operaciones con el banco central. Pese a que esta nueva gama de títulos continúa estando contemplada en la regulación vigente, su uso está sujeto a los términos de la convocatoria de las subastas de liquidez que realiza el Banco de la República, de forma que este puede discrecionalmente ofrecerla o no.

2.3 La gestión eficiente de garantías de alta calidad es cada vez más relevante

El adecuado manejo de las garantías (o “colaterales”) es particularmente relevante en el mercado financiero. Incluso en condiciones de normalidad en el entorno, ellas son

9 En ese mismo año se autorizó el repo *overnight* por faltante en la compensación de cheques.

10 Antes de septiembre de 2011 los establecimientos de crédito tenían un límite para realizar este tipo de operaciones hasta por el 35% de los pasivos sujetos a encaje, y las SCB y las sociedades fiduciarias hasta por la suma de su capital y reserva legal.

utilizadas para obtener financiación en operaciones sobre valores y participar activamente en el mercado de préstamos interbancarios¹¹, aún más por intermediarios financieros no bancarios, como los comisionistas de bolsa (*broker dealers*) que no tienen una base de depósitos estable. Además, los bancos centrales son particularmente exigentes en lo que concierne a la calidad de las garantías requeridas para respaldar sus operaciones rutinarias de expansión monetaria y demás facilidades de liquidez¹².

La retroalimentación negativa entre riesgos crecientes de contraparte, riesgo de liquidez de mercado y riesgo de liquidez de fondeo (Borio, 2008) observada durante la reciente crisis financiera, reforzó la percepción sobre la importancia de la gestión de garantías de alta calidad en las actividades de los intermediarios porque:

- Los préstamos sin garantías se suspenden y las garantías se vuelven indispensables para mantener participación en el mercado monetario;
- Se requieren para acceder a liquidez intradía de los bancos centrales, indispensable para mantener el cumplimiento oportuno y fluido de operaciones en los sistemas de LBTR. En entornos de incertidumbre, aumenta aún más la dependencia de los intermediarios en la labor de “intermediación de los bancos centrales”;
- Las exigen “intermediarios neutrales”, tales como las ECC, las cámaras de riesgo central de contraparte y las cámaras que operan mecanismos de protección del neteo diferido (como CLS y, en el caso colombiano, la Cámara de Compensación de Divisas, S. A.), quienes endurecen sus aforos iniciales y exigen llamados a margen más frecuentes en condiciones de volatilidad de los mercados y de los precios de los activos (Capel, 2011);
- La regulación prudencial en muchos países ha incrementado las exigencias de adecuada disponibilidad de liquidez sobre los intermediarios financieros y ha endurecido las exigencias sobre garantías adecuadas en operaciones sobre derivados en el OTC, además de requerir que los derivados estandarizados se compensen en ECC.

Como resultado de lo anterior, los objetivos de los reguladores y de los agentes del mercado se han alineado significativamente, y ello se ha traducido en una mayor

11 En Colombia, al igual que en el resto de América Latina, las operaciones del mercado monetario y el préstamo de valores “con garantía” se han desarrollado alrededor de las operaciones repo, simultáneas y transferencia temporal de valores, en razón a que en estas se establece la transferencia en firme de la propiedad de los títulos y el dinero. Ello difiere de la figura legal más comúnmente empleada en Europa del “préstamo con garantía”, que fue de compleja aplicación en nuestro medio debido a la la incertidumbre jurídica que existía antes de la Ley 964 de 2005 sobre la ejecución de las garantías (en los Estados Unidos conviven ambas; Bernal, 2011). A pesar de no corresponder a la terminología propia de la legislación colombiana y a la realidad jurídica de transferencia de propiedad, en este artículo se hará referencia a los repos, simultáneas y similares como “préstamos con garantía”, según la usanza internacional (véase la sección 2.4)

12 Según un estudio de Accenture y Clearstream (2012), en el plano internacional el uso de garantías en operaciones de los intermediarios financieros se destina en un 50% a respaldar préstamos interbancarios y en 44% a operaciones con los bancos centrales; el remanente se destina a facilitar una variada gama de operaciones sobre valores y de mecanismos de mitigación de riesgos, especialmente de manejo de márgenes en operaciones con derivados OTC y negociaciones con entidades de contrapartida central; el acervo de valores usado como garantías en el mundo financiero es estimado en dicho estudio en EUR10,1 trillones, y el de efectivo en EUR12 trillones.

demanda por garantías de alta calidad en los últimos años, con miras a reducir riesgos de contraparte y de crédito y mejorar perfiles de liquidez¹³. Al mismo tiempo, la oferta de aquellas se ha visto afectada en años recientes por la crisis de la deuda soberana en muchos países, especialmente en Europa. De no haber suficiente disponibilidad de garantías de alta calidad, los intermediarios tendrían que optar por actividades de menor riesgo (Capel, 2011). Además, pueden emerger síntomas de segmentación de los mercados en función de las mayores exigencias de las contrapartes y de los “intermediarios neutrales” (como las ECC, etc.) con respecto al nivel de calificación de las garantías exigidas y de su “grado de liquidez” en los mercados.

La mayor demanda por garantías de alta calidad y de reducción de su oferta en algunos países se ha presentado en una coyuntura de choques de liquidez sistémicos y de larga duración, originados en los mercados de activos financieros. Como ya se mencionó, ello ha presionado a un gran número de bancos centrales en años recientes a ampliar el plazo de sus operaciones de liquidez y la gama tanto de intermediarios que son contrapartes como de garantías admisibles como colateral de aquellos. Para los bancos centrales, ello acarrea mayores riesgos financieros y morales, pues se ven abocados a aceptar garantías (diferentes a deuda soberana nacional) de menor liquidez y mayor volatilidad en sus precios.

Para las infraestructuras de custodia, liquidación y anotación en cuenta de valores, ello también plantea crecientes presiones que les exige fortalecer la gestión eficiente y proactiva de toda la gama de activos y su oportuna movilización¹⁴. Ella debe ser complementada con el desarrollo de mecanismos que fortalezcan su interoperabilidad con los sistemas de negociación y registro y con los sistemas de liquidación de pagos. Otro desarrollo que requiere fortalecimiento es el de la valoración oportuna de toda la gama de activos financieros disponibles en los balances de los intermediarios.

2.3.1 Caso colombiano

Algunos hechos estilizados del mercado monetario colombiano, citados en la literatura sobre el tema (Cardozo *et al.*, 2011; León, 2012), son, por ejemplo, que i) el banco central es el mayor proveedor de liquidez al sistema financiero mediante operaciones repo; ii) las operaciones simultáneas, y no los repos, concentran la mayor parte de las operaciones con garantía entre intermediarios financieros¹⁵; iii) en algunas ocasiones, los intermediarios

13 La regulación prudencial vigente en muchos países contempla reducciones en los consumos de capital por la mitigación de estos riesgos con base en la colateralización. Los intermediarios oferentes de buen colateral mejoran sus oportunidades de obtención de financiamiento y ven reducido el costo de las mismas. Los tomadores de colateral pueden disminuir sus consumos de capital regulatorio al reducir las exposiciones de riesgo con las contrapartes (Accenture y Clearstream, 2012).

14 Accenture y Clearstream (2012) estiman que la fragmentación e ineficiencias en el manejo interno a las entidades financieras de los colaterales cuesta más de EUR4 billones anuales en el mundo.

15 De acuerdo con participantes del mercado, dado que la legislación local contempla para los repos el uso de un *haircut* (lo cual representa un extracosto de oportunidad para el originador de la garantía) y restricciones a la utilización de la garantía por parte de su receptor (el proveedor del extremo dinero en la operación), las simultáneas son más utilizadas en el mercado monetario colombiano. Otra importante razón es porque algunas

con recursos excedentes prefieren prestárselos al banco central en lugar de darle crédito a otras entidades con necesidades de liquidez; iv) aún en períodos de alta liquidez en el mercado local, pese a la existencia de garantías, restricciones en los cupos de contraparte entre intermediarios obligan a que algunos acudan a la liquidez de la autoridad monetaria.

Así, el mercado monetario colombiano se concentra en aquellas operaciones que utilizan garantías o colaterales, siendo los títulos de deuda pública del gobierno nacional en el mercado local (TES) los más ampliamente aceptados. En efecto, en 2012 cerca del 79% de las operaciones del mercado monetario con garantía entre entidades financieras utilizó TES, 17% empleó otro tipo de instrumentos de renta fija y solo el 4% utilizó acciones; si se incluyen los repos con el banco central, los TES representan cerca del 93% de tales garantías.

En el mercado monetario propiamente comercial (excluyendo los repos con el BR), de acuerdo con la información contenida en Cardozo *et al.* (2011), las simultáneas con TES entre entidades financieras (que abarca, además de los bancos, también a SCB, fiduciarias, etc.) representaron cerca del 83% del valor promedio diario de las operaciones del mercado monetario entre 2010 y 2012, mientras que los repos entre entidades financieras representan apenas el 1%. Las operaciones que no exigen garantía (no colateralizadas) constituyen cerca del 16% y se efectúan casi exclusivamente entre bancos comerciales.

Se confirma así, pues, la necesidad que enfrentan los intermediarios financieros de contar con activos líquidos suficientes en sus portafolios para respaldar adecuadamente las operaciones del mercado monetario, no solo con el banco central, sino también con otros intermediarios, y la exigencia de que ellos estén disponibles de manera inmediata y sean fácilmente movilizables¹⁶. Este es un asunto al que le deben hacer un riguroso seguimiento las autoridades públicas, por su importancia prudencial en aras de la estabilidad financiera.

De lo anterior también se desprende la importancia que tienen los depósitos centralizados de valores como infraestructuras de apoyo al mercado monetario y a las operaciones de provisión de liquidez del banco central. En el caso colombiano las infraestructuras de negociación, custodia y liquidación de valores de deuda pública están integradas en el Banco de la República (en el SEN y el DCV) e interoperan con el sistema de pagos de alto valor (CUD) con notable eficiencia y significativas economías de alcance. El DCV y el CUD también le ofrecen los servicios de liquidación y pago a otros agentes de registro, negociación y liquidación de valores, tales como la Bolsa de Valores de Colombia, Deceval y los *brokers*. Con respecto a las condiciones de acceso y uso del DCV y demás infraestructuras del banco central, es importante destacar que, desde años atrás, la regulación aplicable ofrece un tratamiento uniforme y equitativo a todos los intermediarios financieros.

veces (más frecuentemente en el caso de las SCB), “la motivación para realizar operaciones simultáneas es la necesidad de algún título en particular y la entidad que lo busca está dispuesta a ‘prestar’ a una tasa baja con tal de adquirirlo” (Cardozo *et al.*, 2011).

16 En el caso de las operaciones simultáneas, la posibilidad de utilizar libremente los títulos recibidos en garantía abre campo, adicionalmente, a que se constituyan en un mecanismo de apalancamiento para otras operaciones por parte de quien presta la liquidez en dinero. Ello genera el riesgo de desvirtuar el fin mismo de la garantía, ya que podría no estar disponible en el momento de su exigibilidad ante la ocurrencia de un evento extremo, pero plausible.

Pero el reto no solo consiste en movilizar con mayor eficiencia y oportunidad las garantías (valores) admisibles, sino también y muy especialmente, su valoración. Ello requiere el concurso de proveedores de precios que prestan servicios de valoración de una gama más amplia de valores privados y constituye un reto más exigente, pues la adecuada formación de precios es el resultado de condiciones de profundidad y liquidez de los mercados de deuda privada que hoy día aún son relativamente limitadas en nuestro país.

Ciertamente, la admisibilidad de algunas especies de valores privados en operaciones del BR, a la que se hizo referencia en la sección anterior, contribuye en algún grado a superar el círculo vicioso de su iliquidez. Pero también confronta al BR a un dilema, pues la extensión de garantías admisibles exacerba los riesgos para la autoridad monetaria, especialmente en las coyunturas más críticas, cuando confluyen condiciones de iliquidez en los mercados (y por ende, presiones a mayor provisión de liquidez del banco central), pérdida de confianza entre las entidades financieras y caídas de precio e iliquidez de los instrumentos de deuda privada.

2.4 Un sólido marco legal es fundamental para la confianza de los participantes

Los intermediarios y sus clientes requieren contar con un marco legal y regulatorio bien fundamentado, que defina con suficiente claridad: los derechos y obligaciones en todas las jurisdicciones relevantes de los participantes en las operaciones de transferencias de dinero, valores y de otros activos financieros y de los administradores de los sistemas de negociación, registro, compensación y liquidación; principios razonables para el manejo de los riesgos involucrados en dichas operaciones; los requisitos de aceptación de las instrucciones de transferencia de propiedad y los momentos en que los derechos que se derivan de las mismas se consideren firmes e irrevocables; las condiciones de aplicación de los derechos y obligaciones de los participantes; la protección de las garantías que respaldan las obligaciones entre las partes y con las infraestructuras del mercado; los procedimientos a seguir en casos de incumplimiento, cesación de pagos y aplicación de medidas cautelares, así como otros aspectos claves para su funcionamiento seguro y eficiente (Bernal, 2011).

El “principio de finalidad” o “firmeza” e irrevocabilidad de las operaciones aceptadas por un sistema de liquidación ha sido el centro de atención de las reformas legales en un gran número de países. En Colombia, la Ley 964 de 2005 lo define de la siguiente manera (artículo 10):

Las órdenes de transferencia de fondos o valores derivadas de operaciones sobre valores [...] serán firmes, irrevocables, exigibles y oponibles frente a terceros a partir del momento en que tales órdenes hayan sido aceptadas por el sistema de compensación y liquidación. [...] Se entiende que una orden de transferencia ha sido aceptada cuando ha cumplido los requisitos y controles de riesgo establecidos en los reglamentos del respectivo sistema de compensación y liquidación [...].

El punto clave por destacar sobre este principio de finalidad es que, una vez que una operación ha sido aceptada por el sistema de liquidación de pagos, valores u otros activos, no puede ser revocada. De esta forma, los derechos y obligaciones de las partes involucradas en la transacción quedan en firme, y cada una de ellas puede disponer de los activos correspondientes en forma inmediata. Esta claridad es indispensable en un entorno de liquidación bruta y de “intercambio por valor” o “entrega contra pago” de activos financieros en tiempo real, en el que los activos transferidos se liquidan en forma continua a lo largo del día y se debe disponer de su propiedad en forma inmediata, máxime teniendo en cuenta la alta rotación de la propiedad de los mismos a lo largo del día (véase sección 1)¹⁷.

Los esfuerzos de los reguladores y legisladores también han precisado su alcance frente a medidas judiciales o administrativas, incluidas las medidas cautelares y las derivadas de normas de naturaleza concursal, de toma de posesión, liquidación, etc., que tengan por objeto prohibir, suspender o de cualquier forma limitar los pagos que deban efectuarse mediante un sistema de liquidación. En Colombia el artículo 10 de la Ley 964 reitera la firmeza e irrevocabilidad, incluso frente a casos como los anteriores, “una vez una orden de transferencia haya sido aceptada por el sistema”. De esta forma se previene que incluso un agente liquidador pueda revocar una orden de transferencia aceptada por el administrador de un sistema, protegiendo así el derecho de los agentes involucrados en la operación de disponer de los activos intercambiados en forma inmediata.

En relación con los puntos anteriores, ha resultado particularmente complejo para algunos países la definición de las condiciones y el momento en que se presenta la irrevocabilidad, quién ofrece titularidad al inversionista y cómo se protege el ciclo de liquidación cuando una cadena de agentes de transferencias, custodios, registradores, y sistemas de liquidación se encuentran involucrados en la transacción.

Otra disposición de trascendental importancia introducida a nuestro ordenamiento jurídico por la Ley 964 fue la protección de las garantías entregadas por cuenta de un participante a un sistema de compensación y liquidación, que estén afectas al cumplimiento de órdenes de transferencia aceptadas por el sistema, las cuales no podrán ser objeto de embargo, secuestro o cualquier otra medida judicial o administrativa, aún en el evento en que el otorgante sea objeto de un proceso concursal o liquidatorio, hasta tanto no se cumplan enteramente las obligaciones derivadas de dichas órdenes de transferencia. El artículo 11 de la Ley 964 también estipula que “las garantías [...] se podrán hacer efectivas, sin necesidad de trámite judicial alguno, conforme a los reglamentos del correspondiente sistema de compensación y liquidación”. Este procedimiento es fundamental para resolver con celeridad los efectos de un incumplimiento, en especial en operaciones canalizadas

17 El principio legal de firmeza fue originalmente desarrollado en países del Commonwealth, en cuyo derecho se contemplaba la aplicación del principio de “hora cero”. Este último estipula que si un intermediario financiero es objeto de una toma de posesión o liquidación, se consideran inválidas la totalidad de las operaciones realizadas por él a lo largo del día en que se concrete tal decisión judicial y se revierte la propiedad de los activos financieros al estado en que se encontraba al cierre del día anterior o comienzo del actual (es decir, la “hora cero”). Una vez la tecnología facilitó la negociación electrónica y el predominio de la modalidad de liquidación bruta (es decir operación por operación, de manera individual) en tiempo real de las operaciones, el “principio de hora cero” era insostenible y se requería hacer plena claridad sobre el momento y condiciones para definir la irrevocabilidad de las operaciones aceptadas por los sistemas de compensación y liquidación.

por los ECC, cámaras de compensación con neteo protegido, y en centrales de depósito en operaciones sobre valores a plazo (repo, simultáneas, etc.)¹⁸.

Finalmente, en lo que concierne a las operaciones del mercado monetario, el artículo 14 de la Ley 964 precisa que un elemento común de los repos, simultáneas y transferencia temporal de valores es que conllevan la transferencia de propiedad de los valores entregados. En consecuencia, si una de las partes incumple su obligación de pagar el precio de readquisición de los valores, o de retransferirlos, según corresponda, su contraparte podrá mantener el derecho de propiedad sobre los valores o no tendrá la obligación de pagar un precio por los mismos (según el extremo aplicable de la operación). Para este tipo de operaciones, la ley introduce un elemento novedoso de equidad entre las partes en la resolución de diferencias, que consiste en que, en caso de presentarse una diferencia entre el precio voluntariamente pactado y el precio de mercado, la parte que mantenga la propiedad del título deberá entregar a su contraparte en un plazo no mayor a cinco días hábiles la diferencia entre los precios señalados.

2.5 Se requiere fortalecer la transparencia sobre exposiciones de riesgo

De acuerdo con Heller y Hollanders (2010), una de las principales vulnerabilidades reveladas por la crisis financiera de 2008 es que la incertidumbre sobre las reales exposiciones de riesgo entre partes negociadoras, especialmente por operaciones de derivados en el mercado OTC, y la dificultad de valorar sus activos y obligaciones, erosionaron la confianza entre ellas. De igual manera, el informe anual del BIS (2011) documenta que la falta de información por institución (*i. e.*: posiciones activas y pasivas discriminadas por moneda, contraparte y tipo de instrumento) resultó en la incertidumbre que a su vez contribuyó a los problemas de financiación de las entidades expuestas, e inclusive de las no expuestas.

Una lección que de allí se desprende es que se requiere mayor transparencia sobre posiciones y obligaciones, propias y de los clientes (que obliguen al intermediario), su tamaño, ubicación y concentración, así como poder valorarlas oportunamente y con cierto nivel de precisión.

En principio, el registro de operaciones adelantadas en el mercado OTC, su reconciliación, valoración y aseguramiento mediante manejo de márgenes y garantías es una responsabilidad de las partes intervinientes en la negociación, y queda dispersa entre ellos, sus intermediarios o las infraestructuras. Mientras más complejo sea el producto, más propenso será a presentar dificultades de valoración e iliquidez. De esta forma, en coyunturas de volatilidad e inestabilidad, los propios intermediarios no están en capacidad de juzgar adecuadamente la verdadera condición financiera de sus contrapartes y el efectivo cubrimiento de sus obligaciones a plazo, lo cual exacerba la pérdida de confianza entre ellos.

Para superar esta falta de transparencia, el Financial Stability Board ha propuesto que las autoridades públicas promuevan la conformación de repositorios de transacciones (RT)

18 Otros temas claves para el funcionamiento ordenado de las infraestructuras, y precisados en la legislación colombiana, son la protección del neteo, la novación de las obligaciones aceptadas por las ECC y la segregación y transferibilidad de los activos de clientes, entre otros.

para recolectar y mantener, bajo formatos estandarizados, la información de las transacciones efectuadas por fuera de los mercados organizados (en especial de derivados OTC) a lo largo de su ciclo de vida (Caruana, 2012).

Los RT contribuirían a la transparencia de los mercados al ofrecerle a los grupos de interés, como son las autoridades, otras infraestructuras, participantes directos e indirectos y el público en general, información detallada y confiable de las operaciones financieras. Un acceso oportuno, transparente y confiable a los datos almacenados en un RT contribuiría a mejorar considerablemente la capacidad de estos grupos para determinar y evaluar los posibles riesgos a los que están expuestos. Así, los participantes de los mercados contarían con herramientas adicionales para evitar exposiciones financieras no deseadas, al tiempo que las autoridades podrían detectar posibles fuentes de riesgos que afecten al sistema financiero en su conjunto (Banco de la República, 2013). De acuerdo con Caruana (2012), si los RT hubiesen existido antes de la crisis, la acumulación de grandes posiciones en derivados, como las de AIG, hubiesen podido ser observadas mucho antes.

2.5.1 Caso colombiano

En Colombia el Decreto 1120 de 2008 exigió que todas las operaciones sobre valores realizadas en el mercado mostrador fueran registradas por las partes intervinientes en un sistema de registro de operaciones, y que fueran liquidadas entrega contra pago en un sistema de liquidación de operaciones sobre valores. En el caso de divisas, se encuentran disposiciones similares en la Resolución 4 de 2009 de la JDBR cuando esté involucrado un intermediario del mercado cambiario.

Posteriormente, el Decreto 4765 de 2011 reglamentó que las entidades sometidas a la inspección y vigilancia de la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) que realicen operaciones con instrumentos financieros derivados y con productos estructurados en el mercado mostrador, deberán registrarlas en un sistema de registro de operaciones sobre valores y sobre divisas para poder beneficiarse del procedimiento de terminación anticipada, compensación de obligaciones recíprocas (*close out netting*) y ejecución de garantías recíprocas sin intervención judicial. Además, el decreto estipuló que dicho procedimiento solo es procedente en aquellos eventos en que se presente un proceso de insolvencia o de naturaleza concursal, una toma de posesión para liquidación o acuerdos globales de reestructuración de deudas respecto de cualquiera de las contrapartes involucradas en dichas operaciones.

En la actualidad, no existe una infraestructura en Colombia que pueda ser catalogada como un RT. Por el momento, aunque los sistemas de registro contribuyen a la transparencia de los mercados en la medida en que cuentan con información de las transacciones y exposiciones entre instituciones financieras participantes, no se cuenta aún con servicios y beneficios clave de las RT (e. g.: generación de reportes agregados, estandarización de la información, oportunidad de la información).

2.6 Se deben reforzar los incentivos para que los derivados estandarizados sean compensados en entidades de contrapartida central

En el caso específico de los derivados estandarizados, con posterioridad a la crisis se ha argumentado que ellos deberían ser negociados en bolsas de valores y sistemas organizados y compensados en entidades de contrapartida central (ECC), en lugar de bilateralmente.

Una ECC se interpone entre las partes negociadoras originales, “nova”¹⁹ las obligaciones entre ellas y se convierte en el obligado frente a ellas (comprador del vendedor y vendedor del comprador). Así, el sistema financiero se vuelve menos interconectado (Caruana, 2012).

De acuerdo con Heller (2010), las ECC podrían, cuando menos, ser una parte importante de la solución a los problemas planteados por los productos derivados porque contribuyen a: una mayor estandarización de la documentación sobre las operaciones y los instrumentos; mejoran la transparencia, al reducir la complejidad y opacidad de las interconexiones entre participantes; disminuyen el riesgo de contraparte y liquidez, y establecen reglas más claras con respecto a garantías que respaldan las operaciones —gracias al neteo y la novación de obligaciones y basarse en rigurosos modelos de cálculo y administración de riesgos; a que sus anillos de seguridad mitigan el efecto contagio, y a que la administración centralizada de garantías reduce el riesgo de pérdidas por liquidaciones masivas e intempestivas—.

Pero como lo señala Heller (2010) y Caruana (2012), “las ECC harán menos interconectado al sistema financiero solo si ellas son extremadamente resistentes”. Citando a Bernanke (1990), para que el pánico en los mercados sea evitado, la solvencia de las propias ECC no debe estar sujeta a duda alguna. Lo anterior porque, por definición, las ECC son centralizadoras y concentradoras de riesgos. Por tal motivo, las ECC deben también estar bien capitalizadas, sus modelos de control de riesgo deben estar sólidamente fundamentados y deben ser estrictamente vigiladas por las autoridades.

Más aún, Heller (2010) enfatiza que no todos los productos derivados son susceptibles de ser liquidados en ECC. Además, que muchas otras medidas complementarias a lo largo de la cadena de valor del mercado OTC deben ser implementadas, tales como la estandarización de los productos y la documentación, la reconciliación oportuna de posiciones, controles más estrictos sobre manejo de garantías de operaciones no susceptibles de canalizarse por ECC y mayores requisitos prudenciales de consumo de capital para los contratos que no se transen en sistemas organizados y no se compensen en ECC²⁰.

19 La virtud de la novación consiste en que la obligación inicialmente contraída entre las partes de una operación es sustituida por una nueva obligación con la CRCC. En Colombia el artículo 15 de la Ley 964 de 2005 define que el objeto principal de las CRCC es la prestación del servicio de compensación como contraparte central de operaciones, en virtud del cual pueden interponerse como contraparte directa y “[...] constituirse como acreedoras y deudoras recíprocas de los derechos y obligaciones que deriven de operaciones que hubieran sido previamente aceptadas para su compensación y liquidación, [...] asumiendo tal carácter frente a las partes en la operación de forma irrevocable, quienes a su vez mantendrán el vínculo jurídico con la contraparte central y no entre sí”.

20 En la Unión Europea, la European Market Infrastructure Regulation (EMIR) y la Markets in Financial Instruments Directive (MiFID) propenden por la mayor transparencia de los mercados, obligan a reportar derivados a los RT y a compensar todos los derivados estandarizados por intermedio de ECC.

2.6.1 Caso colombiano

En cuanto al mercado de derivados estandarizados sobre valores negociados en el mercado OTC, el promedio diario de transacciones en 2012 ascendió a COP0,11 billones (3,7% del mercado OTC de valores), de los cuales el 77% y el 17,2% corresponden a futuros sobre la TRM y sobre TES, respectivamente —no existe registro sobre derivados no estandarizados del mercado de valores—. En el mercado cambiario los instrumentos derivados participan con el 61,9% (USD1.592,2) del mercado OTC, donde el *forward* peso/dólar participa con el 91,1% (USD1.450,6).

Como se ilustró en la sección 2.1), la CRCC, S. A., empezó operaciones en 2007 y ha tenido un crecimiento muy dinámico. No solo recibe operaciones sobre contratos estandarizados negociados en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) sino que en años más recientes también ha venido aceptando para compensación una proporción creciente de los contratos OTC sobre tasa de cambio; estos últimos explican buena parte de la dinámica reciente de la CRCC S. A.

Entre los incentivos regulatorios para inducir la canalización de operaciones hacia las ECC cabe citar: 1) el Decreto 2893 de 2007 asigna un valor de cero a la exposición de riesgo de crédito de contraparte en las operaciones aceptadas por una ECC, así como a las garantías otorgadas a dicha entidad; 2) la Resolución Externa 13 de 2008 de la JDBR excluye del cálculo de la posición bruta de apalancamiento a las operaciones de los intermediarios del mercado cambiario que sean compensadas por intermedio de ECC.

2.7 La estabilidad financiera no solo es amenazada por instituciones bancarias de gran tamaño (*too big to fail*), sino también por entidades no bancarias significativamente conectadas (*too connected to fail*)

La crisis reciente puso de presente que, más importante que la probabilidad de ocurrencia de un evento, es la severidad potencial de su impacto. El riesgo es inherente a la actividad financiera y las técnicas de mitigación de riesgo aplicadas por las infraestructuras, que se han mencionado en secciones anteriores, están en capacidad de amortiguar las consecuencias de un evento promedio o esperado. La inquietud relevante es sobre la capacidad de protección y de recuperación del sistema frente a un choque adverso especialmente severo (“riesgo de cola”) o que ocurra en determinadas condiciones de fragilidad del sistema de pagos.

Esta preocupación no solo se refleja en las líneas de investigación académica poscrisis, sino también en los principios y estándares internacionales sobre mejores prácticas de los bancos centrales y autoridades de regulación y supervisión. Los nuevos “Principios para las infraestructuras del mercado financiero”, del CPSS-Iosco (2012), enfatizan en la necesidad de que los operadores de las infraestructuras desarrollen modelos de simulación de escenarios de choque potencial en condiciones extremas pero plausibles de los mercados (pruebas de tensión y “riesgos de cola”). Y que, con base en ellos, les demuestren a las autoridades y a sus afiliados estar en capacidad de soportar, con un alto grado de confianza, los riesgos de crédito y de liquidez derivados del incumplimiento del participante que le generaría la mayor exposición de riesgo al sistema.

En este contexto, resulta especialmente relevante identificar aquellos intermediarios financieros que más probablemente podrían generar tal efecto, es decir, sistémicamente importantes. Poder diferenciar la importancia sistémica es clave para modular la intensidad de la regulación, supervisión y seguimiento del sistema financiero, priorizando en aquellos intermediarios que puedan amenazar en forma más determinante la estabilidad del sistema. También porque aporta elementos adicionales para el diseño de políticas públicas y la toma de decisiones por parte de las autoridades (León y Machado, 2013).

Una lección de especial relevancia de los casos de Bear Stearns, Lehman y muchos otros durante la reciente crisis financiera internacional, así como de episodios del pasado como los del Herstatt Bank en 1974 o el del Long-Term Capital Market (LTCM) en 1998, por solo citar algunos, es que la estabilidad financiera no solo es amenazada por instituciones bancarias de gran tamaño (*too big to fail*: TBTF), sino también por entidades significativamente conectadas (*too connected to fail*: TCTF).

Por su condición de “redes de valor”, en el sistema de pago y en demás sistemas de liquidación que conforman la infraestructura del mercado financiero importan tanto las instituciones individuales que en él participan, como las interdependencias e interacciones entre ellas. Un intermediario es sistémicamente importante en la red porque otras entidades están financieramente expuestas a ellos como contrapartes y también porque otros participantes en el sistemas de pagos dependen de su provisión continuada de servicios de pago (Tumpell-Gugerell, 2009). De allí que la inhabilidad de un participante para pagar oportunamente sus obligaciones puede entabrar el sistema en su conjunto²¹. En consecuencia, para evaluar la importancia sistemática de un participante en la red de pagos, no basta con medir su tamaño (TBTF) sino también su conectividad y no sustituibilidad en la red (León y Machado, 2013; León y Murcia, 2012). De allí surge el concepto de *demasiado conectadas para fallar*: TCTF.

La identificación de intermediarios sistémicamente importantes en el sistema de pagos requiere desarrollar metodologías idóneas, en especial que evalúen las interacciones entre las entidades participantes. La topología de redes aporta elementos metodológicos claves para este análisis, en especial el de “centralidad”, que corresponde a la importancia de cada participante en el conjunto del sistema. Pero debe complementarse con otras consideraciones dinámicas, ya que la importancia sistémica también depende del contexto, es sensible a las condiciones de la coyuntura y es no-lineal (León *et al.*, 2012)²².

Para este efecto, como se verá enseguida, estudios empíricos sobre el caso colombiano se han apoyado en modelos de simulación para evaluar el impacto de alterar los niveles de liquidez del sistema de pagos y los flujos de pagos entre participantes en el sistema, sobre las colas, los requerimientos de liquidez del sistema y el valor de transacciones no liquidadas, que pudieran amenazar la estabilidad del sistema de pagos.

Una importante conclusión de la literatura reciente sobre la materia es que no solo los grandes bancos corresponden al concepto de TBTF o TCTF, sino también lo hacen otro tipo de intermediarios no bancarios. En el caso colombiano, se destaca en particular la

21 La insolvencia o quiebra no es la única fuente de eventos sistémicos; el simple incumplimiento de una operación puede atascar el correcto funcionamiento del sistema financiero.

22 Este concepto se refiere al efecto más que proporcional que tiene un choque sobre las propiedades agregadas del sistema.

importancia sistémica de algunas sociedades comisionistas de bolsa (SCB) por su conectividad en la red de pagos. En otros países se encuentran, entre ellas, entidades no bancarias clasificadas como *shadow banks*. Ello es consecuencia de la evolución de los sistemas financieros, que han pasado de estar “basados en bancos” a estar “basados en el mercado” (León *et al.*, 2011; Kambhu *et al.*, 2007).

2.7.1 Caso colombiano

Estudios empíricos publicados por el Banco de la República (León *et al.* 2011; León y Machado, 2013; León y Murcia, 2012) han aplicado diversas metodologías de medición de la importancia sistémica de entidades participantes (aproximadamente 145 intermediarios financieros, incluyendo bancos comerciales, corporaciones financieras, compañías de financiamiento, fiduciarias, comisionistas de bolsa, administradoras de fondos de pensiones y cesantías y otros) en el sistema de pagos, con base en indicadores de tamaño, conectividad y sustituibilidad para el mes de mayo de 2011.

Los resultados coinciden en que los dos tipos de intermediarios que concentran las posiciones de mayor importancia sistémica son los bancos comerciales y las SCB. Se destaca en especial su contribución al sistema de pagos de alto valor y la suma del volumen de depósitos, exigibilidades y posiciones pasivas en el mercado monetario. En cambio, las medidas de centralidad de interposición y la suma del volumen de activos financieros administrados se estimaron como de menor importancia relativa, pero aún significativa.

La identificación de grandes bancos en esta tipología corresponde a lo esperado, dada la tradicional participación de los bancos en el total de depósitos, exigibilidades y posiciones pasivas en el mercado monetario, además de su función como intermediarios de pagos. En cambio, el que agentes no bancarios, en especial SCB, tengan un papel cada vez más importante, pone de relieve que no solo el tamaño del balance debe ser objeto de seguimiento, sino también la actividad y conectividad en la red de pagos, a partir de la cual se puede llegar a afectar la estabilidad financiera. Puesto en otros términos, ello significa que otros agentes del mercado cuentan con las SCB para el suministro de servicios, lo cual las hace sistémicamente importantes, y que eventos que afecten la actividad y conectividad de las SCB en la red de pagos pueden eventualmente generar significativas externalidades negativas.

2.8 Se requiere complementar la regulación y supervisión tradicional con un “seguimiento” a las infraestructuras del mercado financiero que se enfoque en identificar riesgos y amenazas sobre la estabilidad del sistema en su conjunto

La literatura poscrisis reconoce que una falencia del marco regulatorio y de supervisión anterior fue su énfasis en una visión microprudencial de los riesgos de intermediarios individuales y la falta de una perspectiva integral del sistema y de las interconexiones entre sus participantes, en especial de una insuficiente atención al riesgo sistémico.

La mayor integración financiera, que ha acarreado mayor conectividad entre intermediarios, ha exacerbado el riesgo de red que resulta de la interconexión e interdependencias. Este riesgo aumenta a medida que las redes se vuelven más complejas y homogéneas, y cuando no se tiene suficiente consideración de los riesgos que un intermediario (especialmente si es TBTF o TCTF) causa a otros o que las acciones de otros tienen sobre él (Brinkhoff *et al.*, 2013). Desde esta óptica es clave entender los complejos vínculos e interdependencias entre entidades financieras, e identificar intermediarios sistémicamente importantes, pues son los eslabones mediante los cuales la inestabilidad se propaga en el sistema financiero. Y evaluar la suficiencia del marco regulatorio para soportar pruebas de tensión (riesgos de cola), especialmente de liquidez.

En este contexto se inscriben los esfuerzos de muchos bancos centrales por fortalecer la función de seguimiento (*oversight*) a los sistemas de pago en años recientes. Este consiste en monitorearlo con una perspectiva integral del mismo y de las interconexiones entre sus participantes, propendiendo por los objetivos de seguridad (en especial, la mitigación de riesgos financieros en aras de la estabilidad financiera) y eficiencia (oportunidad de los pagos, costo de oportunidad de la liquidez requerida para efectuar pagos oportunamente, etc.).

De acuerdo con el CPSS-BIS (2005), la función de seguimiento a las infraestructuras del mercado financiero es diferente a la labor de supervisión, pues esta se enfoca en vigilar la solidez de entidades individuales (intermediarios e infraestructuras), propendiendo por proteger el ahorro del público y el cumplimiento de normas prudenciales. El seguimiento, por su parte, persigue objetivos de seguridad y eficiencia del sistema de pagos en su conjunto, con énfasis en la identificación de amenazas contra la estabilidad financiera y la inducción de cambios y ajustes que contribuyan a mitigar el riesgo sistémico.

En el plano internacional, se identifica una variada gama de arreglos institucionales para el cumplimiento de actividades de seguimiento al sistema de pagos y demás infraestructuras, en función de la división del trabajo entre autoridades públicas en materia de regulación y supervisión del sistema de pagos y, en especial, de que la supervisión se encuentre incorporada o no como una función del banco central. Sin embargo, las tendencias recientes observadas en países de la Unión Europea, los Estados Unidos y algunas economías emergentes (como por ejemplo Brasil) tienen en común los objetivos mencionados en el párrafo anterior y la creación de una unidad independiente en el banco central para efectuar el seguimiento, con una visión integral de las infraestructuras y énfasis en identificar eventuales fuentes de riesgos sistémicos y amenazas sobre la estabilidad financiera.

2.8.1 Caso colombiano

En Colombia el Gobierno es el regulador de los sistemas de pago de bajo valor, así como de los sistemas de negociación y de liquidación de valores y de derivados financieros (artículos 3 y 4 de la Ley 964 de 2005 y artículo 19 de la Ley 795 de 2003), en tanto que el Banco de la República es el regulador de los sistemas de pago de alto valor (artículo 66 de la Ley 964 de 2005). La supervisión de todas las infraestructuras es competencia de la SFC.

En desarrollo de sus facultades como regulador del sistema de pagos de alto valor, la Resolución 5 de 2009 de la JDBR le asignó al BR facultades para realizar el seguimiento de los sistemas de pago de alto valor. Y a finales de 2010 se creó una unidad de carácter técnico²³, separada de las actividades de prestación directa de servicios ofrecida por el Banco, para fortalecer dicha función.

Entre las actividades realizadas en el marco de esta función se destacan las siguientes (algunas de las cuales ya han sido resaltadas en secciones anteriores de este documento): monitoreo de información relacionada con el funcionamiento de los sistemas de pago y liquidación; identificación de riesgos financieros en las infraestructuras; aplicación de diversas técnicas (entre las que se destaca la topología de redes) para analizar su estructura y funcionamiento, en especial de las relaciones e interconexiones entre intermediarios participantes; identificación de entidades financieras sistémicamente importantes; simulación de escenarios de tensión y evaluación del efecto que tendría el incumplimiento de obligaciones de una de dichas entidades; estimación de la capacidad que tendrían las entidades que participan en el sistema de pagos de alto valor para resistir el contagio derivado del incumplimiento de otros participantes, así como también la estabilidad del sistema de pagos de alto valor en su conjunto; identificación de las principales fuentes de liquidez para los intermediarios participantes en el sistema de pagos de alto valor y de los factores determinantes del riesgo de liquidez intradía en un sistema de LBTR; etc.

Para divulgar los resultados de la labor de análisis e investigación en materia de Seguimiento, desde 2010 el banco central viene publicando, con una periodicidad anual, el *Reporte de Sistemas de Pago*.

Una mención especial merece la labor realizada para estimar, por medio de simulaciones, el efecto que tendría el incumplimiento de los pagos de un intermediario sistémicamente importante en la red. Con estos ejercicios también se ha podido medir la capacidad que tienen las entidades que participan en el sistema de pagos de alto valor para resistir el contagio derivado del incumplimiento de otros participantes, así como también la estabilidad del sistema de pagos de alto valor en su conjunto.

Un resultado relevante encontrado por León *et al.* (2012), para diversos escenarios de tensión (auge del mercado de TES en febrero de 2006, estrés en el mercado de TES en junio 2006 y volumen pico de operaciones en el sistema de pagos de alto valor CUD en septiembre de 2009), es que el impacto difería entre bancos e intermediarios no bancarios, en especial debido a la regulación aplicable antes de esa fecha por el BR en materia de OMA y repos intradía. En particular, mientras que los establecimientos de crédito tenían acceso amplio a liquidez, las SCB y otras entidades financieras no bancarias estaban acotadas en su acceso a repos a un monto equivalente a su patrimonio técnico.

Con base en este y otros estudios, en 2011 se equiparó la regulación aplicable a los agentes antes mencionados y se les dio acceso ilimitado a repos intradía a SCB, sociedades fiduciarias y administradoras de fondos de pensiones, similar a los bancos (solo sujeto a la disponibilidad de garantías idóneas que respalden las operaciones). Estos ejercicios

23 Departamento de Seguimiento a la Infraestructura Financiera (DSIF), adscrito a la Subgerencia de Sistemas de Pago y Operación Bancaria.

también pusieron de presente la importancia crítica que tiene para todos los intermediarios disponer de un portafolio adecuado de garantías que puedan utilizar para acceder a las facilidades de liquidez de la autoridad monetaria que, como se indicó en la sección 2.3, es un tema que amerita especial seguimiento por parte de las autoridades.

3. CONSIDERACIONES FINALES: RIESGO SISTÉMICO Y ALTERNATIVAS AL SALVAMENTO DE LAS ENTIDADES FINANCIERAS SISTEMÁTICAMENTE IMPORTANTES

En una amplia mayoría de la literatura sobre la reciente crisis financiera se encuentran justificaciones al salvamento de entidades financieras consideradas TBTF en aras de prevenir la propagación y amplificación del riesgo sistémico. Es decir que, con el propósito de prevenir efectos en cadena (tipo “dominó”) sobre el conjunto del sistema financiero y el desbordamiento de su incidencia sobre la economía real, se justifica el uso no solo de los recursos de los fondos de garantía de depósito (allí donde existan) sino también de las facilidades de liquidez de última instancia de los bancos centrales y hasta de recursos del presupuesto nacional.

Esta visión, sin embargo, también tiene detractores. Especialmente en los Estados Unidos, la ley Dodd-Frank representa una reacción a lo que muchos legisladores y parte de la opinión pública de ese país considera un costo social demasiado elevado para el efecto que se acaba de señalar.

En su libro *El principio de igualdad en la actividad financiera*, López-Roca (2012) sostiene la tesis de que:

[...] aunque la medida de salvamento de entidades consideradas TBTF (too-big-to-fail) cumple un fin constitucionalmente legítimo, y es idónea para contrarrestar el riesgo sistémico -otra cosa es que económicamente no sea eficiente y aumente el riesgo moral-, no pasa el test de igualdad en punto al subprincipio de necesidad. Ello es así toda vez que es factible desarrollar una política de regulación y supervisión [...] que, siendo idónea para afrontar el riesgo sistémico, se aplique de modo general, sin diferenciar (discriminar) por tamaño de las instituciones, para, sobre esa base, otorgar un trato igual a los ahorradores de entidades grandes y pequeñas.

Y añade que:

[...] constituye un tratamiento injustificado dedicar recursos [...] públicos tan solo para salvar en nombre del riesgo sistémico entidades (financieras) grandes (o altamente interconectadas). [...] los salvamentos, como solución prefieren solo a este tipo de entidades y olvidan a las demás, existiendo otras opciones de manejo de dicho riesgo. En cambio, si se recurre a otro tipo de medidas, que no diferencian por el tamaño, para enfrentar el riesgo sistémico, [...] se logra una solución que no interviene el derecho de igualdad de las entidades medianas y pequeñas, y el de los ahorradores.

Medidas de este último tipo claramente se encuentran en las infraestructuras del mercado financiero. El esfuerzo colectivo de los administradores y los participantes en las IMF y de las autoridades de regulación, supervisión y seguimiento al menos desde mediados de la década de los noventa en este frente ha logrado el propósito de fortalecer la transparencia y disponibilidad de la información, desarrollar mecanismos efectivos de contención de riesgos idiosincrásicos, reducir la probabilidad de incumplimientos y mitigar los costos de los incumplimientos. Todo esto se enmarca, adicionalmente, en un contexto de renovado énfasis en el análisis de escenarios de mercado extremos pero plausibles, pruebas de tensión, planes de continuidad y cultura de riesgo, que son objeto de seguimiento y control por las autoridades (Koschyk, 2013).

Como lo señala Caruana (2012), el progresivo fortalecimiento de las infraestructuras en la última década reduce el impacto que tiene la caída incluso de un intermediario sistémicamente importante y le proporciona soporte al continuo funcionamiento de los mercados, incluso en situaciones extremas. Pero, además, en este frente se han desarrollado técnicas para reducir la probabilidad de ocurrencia e incidencia de eventos extremos (al menos dentro de lo probabilísticamente plausible).

Como se revisó en la sección 2.1, elementos clave en la línea de acción seguida han sido los de hacer a cada participante en las infraestructuras responsable al máximo posible de las consecuencias de sus propias acciones y toma de riesgos, así como mutualizar entre las partes directamente involucradas las pérdidas por incumplimientos y eventos inusuales. Con el respaldo de técnicas financieras de manejo de riesgo, de la tecnología y de un marco legal habilitante, se ha avanzado en forma sustancial en facilitar la intervención y liquidación (*resolution*) de entidades financieras en dificultades, cualquiera que sea su tamaño, con un trato uniforme.

Así, el costo de intervenir y liquidar entidades financieras TBTF (o TCTF) se mitiga y es cubierto en una medida significativa con recursos previamente comprometidos por aquellas y por sus contrapartes directas (garantías efectivamente disponibles para ser ejecutadas sin trámite judicial alguno), y la cesión de sus activos y pasivos a entidades sobrevivientes opera con mayor fluidez. Ello contribuye a la resistencia del sistema y a la contención de efectos en cadena que afecten al sistema financiero en su conjunto.

REFERENCIAS

- Accenture-Clearstream (2011), *Collateral management-unlocking the potential in collateral*, reporte interno, Nueva York.
- Banco de la República, *Reporte de Sistemas de Pago* (varios años), Bogotá, Banco de la República.
- Banco de la República (2011). “Lecciones de la crisis financiera de 2008: cómo la infraestructura financiera puede mitigar la fragilidad sistémica” (Nota Editorial), *Revista del Banco de la República*, vol. LXXXIV, núm. 1004, junio.
- Banco de la República (2011). “Descifrando los sistemas bancarios paralelos: nuevas fuentes de información y metodologías para la estabilidad financiera” (Nota Editorial), *Revista del Banco de la República*, vol. LXXXIV, núm. 1002, abril.

- Banco Mundial (2013). *Guidelines for the Regional Integration of Financial Infrastructures*, World Bank.
- Banco Mundial (2011) *Payment Systems Worldwide: A Snapshot (outcomes of the global payment systems survey 2010)*, Payment Systems Development Group.
- Bank for International Settlements (2011). *81st Annual Report*, Bank for International Settlements, junio.
- Bech, M.; Soramäki, K. (2002). "Liquidity, Gridlocks, and Bank Failures in Large Value Payment Systems", en Pringle, R., y Robinson, M. (eds), *E-money and Payment Systems Review*, London: Central Banking Publications.
- Bernal, J. (2011). "Sistemas de compensación y liquidación: logros y retos tras cinco años de la aprobación de la Ley 965", en Blanco, C. y Baquero, M. (eds.), *Cinco años de la Ley 964 de 2005: ¿se están cumpliendo sus objetivos?*, Universidad Externado de Colombia.
- Bernal, J. (2012). "Access to Central Bank Account and Services for Payment Systems", en B. Summers (ed.), *Payment Systems: Design, Governance and Oversight*, London: Central Banking Publications.
- Bernal, J. (2009). "Money Markets, Monetary Policy and Payment Systems: Policy Issues for Central Banks in Times of Turbulence", *Journal of Payments Strategy and Systems*, vol. 3, núm. 4.
- Bernal, J.; Cepeda, F.; Ortega, F. (2012). "Estimating the Contribution of Liquidity Sources in the Colombian Large-Value Real-Time Gross Settlement System: a Preliminary Approach", *Journal of Payments Strategy and Systems*, vol. 6, núm. 2.
- Bernanke, B. (2011). "Clearinghouses, Financial Stability, and Financial Reform", Speech at the 2011 Financial Markets Conference, Stone Mountain, Georgia, 4 de abril.
- Borio, C. (2008). "Liquidity Crisis: what Can Be Done to Address Them?" (draft) presentado en Joint Banque de France-ECB Conference on "Liquidity in interdependent transfer systems", París.
- Brinkoff, J.; Langfield, S.; Mazzaferro, F.; Salleo, C.; Weeken, O. (2013). "Risk Management through the Lens of Macroprudential Policy", *Journal of Risk Management in Financial Institutions*, vol. 6, núm. 2, Spring.
- Capel J. (2011). "Banks International Liquidity Management in the Future: What Role can Financial Market Infrastructures Play?", *Journal of Payments Strategy & Systems*, vol. 5, núm. 1, marzo.
- Cardozo, P.; Huertas, C.; Parra, J.; Patiño, L. (2011) "Mercado interbancario colombiano y manejo de liquidez del Banco de la República", Borradores de Economía, núm. 673, Banco de la República.
- Caruana, J. (2012). "Building a Resilient Financial System", presentado en el ADB financial sector forum on "Enhancing financial stability-issues and challenges", BIS, febrero.
- Committee on Payment and Settlement Systems (1997). "Real-Time Gross Settlement Systems", reporte preparado por el Committee on Payment and Settlement Systems of the central banks of the Group of Ten countries.
- Committee on Payment and Settlement Systems (2005), *New Developments in Large Value Payment Systems*, BIS, mayo.

- Committee on Payment and Settlement Systems (2005), *Central Bank Oversight of Payment and Settlement Systems*, BIS, mayo.
- CPSS-Iosco (2012). *Principios aplicables a las infraestructuras del mercado financiero*, BIS,
- Fondo Monetario Internacional; Banco de Pagos Internacionales; Consejo de Estabilidad Financiera (2009). *Guidance to Assess the Systemic Importance of Financial Institutions, Markets and Instruments: Initial Considerations*.
- Haene, P.; Sturm, A. (2009). “Optimal Central Counterparty Risk Management”, Swiss National Bank Working Papers, núm. 7, Swiss National Bank.
- Heller, D. (2010). “Central Counterparty for OTC Derivatives: Neither Panacea nor Placebo”, *Journal of Securities Operations & Custody*, vol. 2, núm. 4, enero.
- Heller, D; Hollanders, M. (2010). “Lessons from the Crisis for Financial Market Infrastructures”, *Speed*, vol. 4, núm. 3, Spring.
- International Monetary Fund (2010). “Systemic Liquidity Risks: Improving the Resilience of Financial Institutions and Markets”, *Global Financial Stability Report*, abril.
- Kambhu, J.; Weidman, S.; Krishnan, N. (2007). *New Directions for Understanding Systemic Risk*, Washington, D. C.: The National Academies Press.
- Koschyk, H. (2013). “Principles for Dealing with Financial Stability Risks”, *Journal of Risk Management in Financial Institutions*, vol. 6, núm. 2, Spring
- Leon, C.; Machado, C. (2013). “Designing an Expert-Knowledge-Based Systemic Importance Index for Financial Institutions”, *Journal of Financial Market Infrastructures*, núm. 1, vol. 2.
- León, C. (2012). “Estimating the Intraday Liquidity Risk of Financial Institutions: a Monte Carlo Simulation Approach”, *Journal of Financial Market Infrastructures*, núm. 1, vol. 1.
- León C. (2012). “Implied Probabilities of Default from Colombian Money Market Spreads: The Merton Model under Equity Market Informational Constraints”, *Borradores de Economía*, núm. 743, Banco de la República.
- León, C.; Machado, C.; Cepeda, F.; Sarmiento, M. (2012). “Too-Connected-to-Fail Institutions and Payments System’s Stability: Assessing Challenges for Financial Authorities”, en Hellqvist, M. y Laine, T. (eds.), *Diagnostics for the Financial Markets – Computational Studies of Payment System: Simulator Seminar Proceedings 2009–2011*, Banco de Finlandia.
- León, C.; Murcia, A. (2012). “Systemic Importance Index for Financial Institutions: A Principal Component Analysis Approach”, *Borradores de Economía*, núm. 741, Banco de la República.
- López-Roca, L. F. (2012). *El principio de igualdad en la actividad financiera*, Bogotá: Universidad Externado.
- Machado, C.; León, C.; Sarmiento, M.; Cepeda, F.; Chipatecua, O.; Cely, J. (2011). “Riesgo sistémico y estabilidad del sistema de pagos de alto valor en Colombia: análisis bajo topología de redes y simulación de pagos”, *Revista Ensayos sobre Política Económica*, núm. 65, vol. 29, Banco de la República.

- Marquart, J. (1994) “Payment System Policy Issues and Analysis”, en B. Summers (ed.) *Payment System: Design, Management and Supervision*, Fondo Monetario Internacional.
- Summers, B. (2012). “Payment Systems Design and Public Policy”, en B. Summers (ed.) *Payment System: Design, Management and Supervision*, Fondo Monetario Internacional.
- Tumpel-Gugerell, G. (2009). “*Recent Advances in Modeling Systemic Risk Using Network Analysis* (introductory remarks: workshop), European Central Bank, Frankfurt, 5 de octubre.
- Wilson, Th. (2013). “Guest Editorial-Special Issue: How the Financial Crisis Has Changed Risk Management”, *Journal of Risk management in financial institutions*, vol. 6, núm. 2, Spring.

17 RELACIÓN ENTRE EL RIESGO SISTÉMICO DE LOS SECTORES FINANCIERO Y REAL: UN ENFOQUE FAVAR

Wilmar Alexander Cabrera Rodríguez
Luis Fernando Melo Velandia
Daniel Parra Amado*

La crisis financiera de 2008 puso de manifiesto las limitaciones existentes para comprender los riesgos potenciales entre el sector financiero y el real. Con ello surgió la necesidad de entender los factores claves del riesgo sistémico financiero y las relaciones con las cuales se retroalimenta con la actividad real. Antes de 2008 las mediciones tradicionales de riesgo solo incorporaban en el análisis las posibles pérdidas a las que estaba expuesto el sistema financiero, dejando a un lado los impactos sobre la actividad real y los denominados efectos de segunda ronda.

Esto tomó relevancia con el análisis retrospectivo que muchos investigadores hicieron sobre las causas, consecuencias y lecciones de la crisis (Allen y Carletti, 2010; Reinhart y Rogoff, 2009; Taylor, 2009; Cobo *et al.*, 2013). En esos estudios, se plantea que excesos de liquidez mundial, movimientos de flujos de capital y una serie de desbalances macroeconómicos confluyeron en la gestación de la peor crisis desde la posguerra.

Toro *et al.* (2013) muestran cómo la crisis financiera, que tuvo su origen en los Estados Unidos, se expandió al mundo mediante diversos canales. El entorno macroeconómico en el cual se fue desarrollando la situación mostró los efectos negativos sobre el sistema de pagos y financiero internacional, y además reveló lo nocivo y perjudicial que pueden ser los *círculos viciosos* que surgen de las relaciones de ida y vuelta entre el sector financiero y la actividad real.

* Los autores son, en su orden, profesional especializado del Departamento de Estabilidad Financiera, econometrista principal de la Unidad de Econometría y profesional experto del Departamento de Programación e Inflación del Banco de la República. Los resultados y opiniones son responsabilidad exclusiva de los autores y su contenido no compromete al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Los autores agradecen la colaboración de Andrés Jiménez. Igualmente, las sugerencias y comentarios de Fernando Arias, Camilo Cárdenas, Esteban Gómez y de un evaluador anónimo.

Por ejemplo, a inicios de 2007, cuando los precios de la vivienda en los Estados Unidos comenzaban a presentar variaciones anuales negativas y los indicadores de cartera vencida del sector inmobiliario llegaron a niveles históricamente altos, algunos bancos estuvieron expuestos a presiones sobre sus hojas de balance. En particular, a mediados de ese año Bear Stearns y BNP Paribas tuvieron serios problemas de liquidez que anunciaban lo que sería más adelante la peor crisis financiera desde el Crac del año 29¹. Estos primeros brotes de incertidumbre y desconfianza sobre la banca estadounidense generaron una ruptura del canal de liquidez y de crédito, que finalmente condujo al hecho detonador y amplificador de la crisis: la quiebra de Lehman Brothers en septiembre de 2008, uno de los bancos más grandes de los Estados Unidos.

La turbulencia financiera posterior al evento de Lehman Brothers no tuvo precedentes, causando una disminución mundial en los precios de las acciones y bonos. Al mismo tiempo, los problemas de liquidez y de crédito empeoraron, afectando la solvencia y el sistema de pagos de los principales intermediarios financieros. Así, las pérdidas generadas sobre la riqueza de los hogares, firmas y bancos produjeron una contracción del gasto de las familias y de la inversión de las empresas. Todo ello causó una caída de la producción y un aumento global en las tasas de desempleo².

De acuerdo con cifras del Fondo Monetario Internacional (FMI), el crecimiento de la economía mundial pasó de 2,7% en 2008 a una contracción de 0,4% en 2009. El debilitamiento es más notorio en las economías desarrolladas, que estuvieron más expuestas a la crisis financiera, en donde se observó una leve expansión de 0,1% en 2008 y luego una significativa caída en 2009 (-3,5%). El empleo y otras variables de actividad real reflejaron desempeños desfavorables producto del choque financiero.

El choque que inició en la banca estadounidense se propagó hacia el sistema financiero internacional y la actividad económica global. El vínculo entre el sector financiero y la actividad real generó un *círculo vicioso* que debilitó la economía mundial mediante diversos canales: comercio, primas de riesgo, financiación, flujos de capital, entre otros. Se estima que las pérdidas para el sistema financiero fueron alrededor de USD 2,28 trillones, de acuerdo con estimaciones del FMI (2010).

Colombia no ha sido la excepción en cuanto a crisis de carácter sistémico. Aunque la reciente crisis financiera de 2008 no impactó de manera significativa a la economía colombiana, al finalizar la década de los noventa el país sufrió un fuerte deterioro del sistema bancario que produjo una caída importante de la actividad real (Echavarría, 2003; Fogafin, 2009). En particular, Cárdenas y Badel (2003) muestran cómo el incremento entre el saldo de los créditos y el valor de las garantías aumentó la vulnerabilidad de los hogares frente a sus deudas hipotecarias.

Luego, la conjunción de reglas de indexación de los activos hipotecarios y su desvalorización, elevó los niveles de endeudamiento de los hogares. Esto generó restricciones de crédito que pusieron en marcha un ciclo recesivo que deterioró los niveles de empleo y de calidad de la cartera. Los autores encuentran que la correlación entre el ciclo del pro-

1 En el caso de Bear Stearns, aunque no quebró, fue absorbido por JP Morgan Chase en marzo de 2008. Esto generó un alto nivel de incertidumbre sobre la fortaleza del sistema financiero estadounidense.

2 La Organización Internacional de Trabajo (OIT) estimó un aumento de 34 millones de personas desempleadas en el mundo durante 2008 y 2009. Véase el informe: *Global Employment Trends*, enero de 2010.

ducto interno bruto (PIB) y los desembolsos de crédito hipotecario fue bastante alta en los años anteriores a la crisis, por lo que el comportamiento de la cartera hipotecaria tuvo fuertes repercusiones macroeconómicas y deterioró los balances de los bancos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la motivación del presente trabajo surge de la necesidad de comprender: i) las relaciones existentes entre los riesgos financieros y la actividad real, y ii) los efectos de ida y vuelta (retroalimentación) que pueden surgir entre ellos frente a choques que sean de origen financiero o real. Esto toma relevancia para los hacedores de política, ya que el concepto de *riesgo sistémico* se convierte en un reto en términos de la generación e implementación de programas macroprudenciales que garanticen la estabilidad financiera en un entorno de crecimiento favorable y una inflación controlada.

La mayoría de trabajos que tratan el tema de riesgo sistémico en Colombia abordan el problema desde el punto de vista de la estabilidad financiera y del sistema de pagos. Este trabajo se diferencia de la literatura colombiana actual principalmente por el hecho de considerar el riesgo sistémico, en su nivel macroeconómico, como la conjunción de riesgos financieros y de la actividad real. Así, el presente trabajo estima los efectos de choques de origen financiero y real sobre 111 variables de la economía colombiana, entre 2003 y 2013. Para ello se utiliza un modelo *factor augmented vector autoregressive* (Favar), que se expone más adelante, con el cual se realizan dos ejercicios: i) análisis de impulso-respuesta de las variables económicas frente a choques en los factores real y financiero, y ii) describir el efecto que tiene un evento de estrés en el sector financiero sobre el real y viceversa.

Adicionalmente, este trabajo se distingue de metodologías similares como la propuesta por De Nicoló y Lucchetta (2013), principalmente en dos aspectos: primero, el análisis de estos autores emplea dos indicadores observados para cada uno de los sectores. En el caso colombiano, en especial para el sector financiero, no existe un consenso sobre cuál es el indicador óptimo para representarlo; aunque el IEFI³ puede ser considerado como una *proxy* apropiada en este contexto, no es una serie observada, sino que es estimada mediante la técnica de componentes principales. Por otro lado, pese a que el PIB es el indicador referente del sector real, se consideró apropiado usar una serie que recogiera en mayor medida la dinámica que exhibe este sector. Para ello se decidió utilizar los factores que representan las dinámicas de estas ramas.

Segundo, la medida de riesgo utilizada por De Nicoló y Lucchetta (2013) no considera la dinámica existente entre las variables para las cuales se calcula y únicamente calcula el efecto del choque un paso adelante. En contraste, la medida propuesta en este documento incorpora dicha dinámica y el efecto del choque puede ser calculado para varios períodos adelante.

Cabe destacar que los resultados de este documento sugieren que los choques entre los dos sectores analizados se propagan en ambas direcciones. En particular, el sector financiero en Colombia reacciona de manera más rápida ante una perturbación en la actividad real, en comparación con un choque financiero al sector real.

3 Corresponde al indicador de estabilidad financiera, presentado en el *Reporte de Estabilidad Financiera* del Banco de la República. Una descripción detallada de este indicador se encuentra en Morales y Estrada (2010).

El documento se divide en cuatro secciones, luego de esta introducción. La primera realiza una revisión de la literatura sobre canales de transmisión entre los sectores real y financiero y el concepto de *riesgo sistémico* que se deriva a partir de esas interacciones. Allí, también se muestran trabajos para el caso colombiano y se menciona el aporte de este escrito a la literatura sobre el tema. En las dos secciones siguientes se describen los modelos econométricos utilizados y los resultados encontrados para el caso colombiano. Por último, se muestran las principales conclusiones.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En esta sección se describen brevemente algunos canales de transmisión enunciados en la literatura económica, entre el sector real y el financiero, los cuales pueden operar en ambas direcciones. Luego, se presenta el concepto de riesgo sistémico que se utiliza en este documento y se contextualizan diversas mediciones que se han desarrollado en los últimos años. Por último, se enfatiza en la medición de riesgo sistémico desde el punto de vista macroeconómico, en el cual los riesgos que pueden provenir de la actividad real o del sistema financiero impactan a la economía en su conjunto.

Por ejemplo, cuando alguna perturbación cambia las condiciones de la actividad real, las hojas de balance de los hogares y de las empresas (financieras o no) pueden verse afectadas, con lo que la carga financiera de los agentes impacta, a su vez, las decisiones de gasto (real) y de endeudamiento o pagos (financiero). En un entorno macroeconómico débil, tanto los ingresos como las ganancias de las familias y firmas se reducen, lo cual genera una desaceleración o caída en sus niveles de gasto que, finalmente, desestimula la demanda agregada. Al mismo tiempo, dependiendo del deterioro observado en la actividad real, es posible que se aprecie un empeoramiento en indicadores financieros como la morosidad, primas de riesgo, entre otros. En un contexto de mayor incertidumbre aumenta la desconfianza, por lo que la demanda de crédito podría disminuir. Esto también afecta el balance de los bancos.

Tradicionalmente, los principales mecanismos por los cuales los choques que se originan en el sector financiero afectan la actividad real se agrupan en dos canales de transmisión: el de liquidez y el de hoja de balance por parte de los bancos y de los prestatarios. De igual manera, esta transmisión contempla la retroalimentación entre los sectores (los denominados efectos de segunda ronda).

El canal de liquidez tomó gran importancia después de la crisis financiera de 2008, debido a que en ese momento se puso a prueba la capacidad de los bancos para otorgar créditos y fondar un gran número de proyectos de inversión, que finalmente están directamente relacionados con la actividad real⁴. La crisis hizo evidente los altos niveles de apalancamiento y los grandes desajustes en los balances de los bancos. En medio de las turbulencias financieras los bancos mostraron su fragilidad, al presentar problemas de liquidez y de solvencia. Como consecuencia, se produjo una ruptura del canal interbanca-

⁴ Pero no solo está asociado a la forma como los bancos comerciales financian a las familias y a las firmas, también se refiere a la relación entre ellos mismos.

rio y un desvanecimiento del canal de crédito, que limitó las fuentes de financiación del consumo y de la inversión. Entre los trabajos que el lector puede consultar sobre el efecto de problemas de liquidez en términos de corridas bancarias, contagio y restricciones de crédito se destacan Fisher (1933), Diamond y Dybvig (1983), Diamond y Rajan (2005) y Brunnermeier (2009).

En cuanto a los canales de hojas de balance, se modelan los efectos de aumentos en las primas de financiamiento privado, donde la valoración de los activos desempeña un papel importante. En trabajos como Bernanke y Blinder (1988), Grimaud (1997), Bernanke y Gertler (1995) y Freixas y Rochet (1997) se señalan dos mecanismos de transmisión ante incrementos en la percepción de riesgo⁵ y caídas en los precios de los activos: i) una disminución en el valor de mercado de las empresas, lo que reduce el valor del capital y los recursos propios de financiamiento, y ii) un aumento del valor real de las deudas, lo cual deteriora la posición financiera de los agentes privados. El lector también puede consultar Borio y Lowe (2003) y Basel Committee on Banking Supervision (2011), quienes muestran los principales mecanismos de transmisión cuando ocurre una desvalorización de activos financieros.

En los últimos años, la teoría económica mediante el uso de modelos de equilibrio general dinámicos estocásticos (DSGE, por su sigla en inglés), ha incorporado en el análisis la interacción entre la actividad real y el sistema financiero. En esta línea, el lector puede consultar los trabajos de Meier y Müller (2006), Faia y Monacelli (2007) y Gilchrist *et al.* (2009) sobre modelos DSGE que incorporan el acelerador financiero⁶, incluyendo al sistema bancario dentro del modelamiento. En estos se muestra, en especial, la respuesta del crecimiento y de la inversión ante choques monetarios, aunque también pueden apreciarse los efectos de otras perturbaciones financieras sobre la economía. Otros estudios introducen fricciones financieras en los modelos DSGE, mediante la incorporación de requerimientos de colaterales y de crédito. En las investigaciones pioneras de Bernanke *et al.* (1999) e Iacoviello (2005) se muestran los vínculos entre la actividad real y el sector financiero frente a choques macroeconómicos y se logra entender el papel de la intermediación bancaria en la transmisión de la política monetaria. Adicionalmente, analizan cómo los choques que se originan en los mercados de crédito se transmiten a la economía real. Algunas referencias relacionadas con el tema, que el lector puede consultar, son Christiano *et al.* (2007), Goodfriend y McCallum (2007) y Christensen *et al.* (2007).

Teniendo en cuenta las relaciones entre el sistema financiero y la actividad real, y sabiendo que existen mecanismos de transmisión de choques del uno hacia el otro, el presente documento pretende explorar y analizar los riesgos que podría afrontar la economía en su conjunto, ya sea por un choque proveniente del sector financiero o del sector real. Para ello, a continuación se presenta el concepto de *riesgo sistémico* que se desarrolla en el documento.

En términos generales, el riesgo está asociado con las perturbaciones existentes en un determinado momento, cada una de las cuales tiene una probabilidad de ocurrencia. Para calcular el riesgo sistémico en este documento se propone utilizar el CoFar, una

5 Lo que genera aumentos en las tasas de interés y encarece el financiamiento.

6 La mayoría de ellos se basa en los trabajos seminales de Kiyotaki y Moore (1997) y Bernanke *et al.* (1999).

medida similar al CoVaR introducida por Adrian y Brunnermeier (2011). Más adelante se muestran las definiciones de dichas estadísticas.

En la mayoría de estudios que realizan mediciones de riesgo sistémico se encuentra que abordan el problema solo desde el punto de vista de estabilidad financiera y de pagos. En este trabajo, a diferencia de la mayor parte de estudios encontrados en la literatura, se modelan las relaciones existentes entre el riesgo originado en el sector financiero y el procedente de la actividad real, así como su retroalimentación. Aquí se cuenta con una visión macrofinanciera de los problemas que pueden surgir ante choques en cualquiera de los dos sectores. Siguiendo a De Nicoló y Kwast (2002), se define el riesgo sistémico como la conjunción de: i) *riesgo sistémico financiero*, asociado con el riesgo de un choque que genera pérdidas de valor económico o de confianza en el sistema financiero, y ii) *riesgo sistémico real*, relacionado con el riesgo de un choque que produce una caída en la actividad real.

La presencia de una mayor incertidumbre y las relaciones existentes entre las instituciones financieras y las empresas del sector real generan la interacción entre ciertos tipos de choques. Por tanto, se hace relevante entender los mecanismos de transmisión de choques financieros a la economía en su conjunto y de choques de la actividad real al sistema financiero, lo que se convierte en un desafío para las autoridades económicas. Por ejemplo, este tipo de análisis ayuda a controlar la posición que tienen los intermediarios financieros, cuando: i) el ciclo económico está en auge y ellos tienden a sobreexponerse al riesgo, y ii) el ciclo se encuentra en su fase decreciente y ellos tienen una aversión extrema al riesgo. En la primera situación los reguladores deberían preocuparse por contener un excesivo riesgo o desbalances, mientras que en la segunda, las autoridades deberían ofrecer facilidades al sistema bancario con el fin de estimular una recuperación económica vía crédito.

Adicionalmente, para el regulador es importante conocer las relaciones entre bancos, porque muchas veces las instituciones desconocen el impacto que sus decisiones pueden tener sobre la red financiera. Recientemente, ha surgido el concepto de políticas macroprudenciales, las cuales buscan mantener la estabilidad macroeconómica y financiera, así como mitigar los costos asociados con las crisis financieras.

En general, la propagación de choques del sector financiero al real, y los efectos de ida y vuelta, se pueden presentar en el canal de liquidez (por ejemplo, por descalces en plazo) y por el canal de hojas de balance (como el caso del excesivo apalancamiento y la caída en la solvencia), los cuales ya fueron mencionados. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que existe un riesgo relacionado con los vínculos entre instituciones financieras. A continuación se presenta una breve revisión de la literatura, que se puede agrupar en dos temas: el primero modela los riesgos que se propagan de una institución financiera a la red en su conjunto, y el segundo, evalúa los efectos entre los riesgos financieros y la estabilidad macroeconómica. El presente trabajo se ubica en el campo del segundo grupo.

Furfine (2003) analiza el efecto que un choque de origen financiero tiene sobre el sistema financiero completo y sobre las instituciones que lo componen, de dos formas: i) caracterizando las entidades que dejan de funcionar en forma eficiente simultáneamente, y ii) calculando la probabilidad de quiebra de una firma o de un grupo pequeño de ellas y su impacto sobre la red financiera. Siguiendo a Acharya (2009), la regulación prudencial debe operar colectiva e individualmente, donde la regulación de cada banco

debe estar en función tanto de su articulación con otros bancos (correlación entre ellos), como de su riesgo individual. En ese entorno, el conflicto potencial entre las variables que mitigan el riesgo sistémico y las que reducen el riesgo de solvencia individual debe evaluarse formalmente.

Acemoglu *et al.* (2013) proporcionan un marco de referencia para el estudio de la relación entre la arquitectura de la red financiera y la probabilidad de fallos sistémicos originados en el riesgo de contraparte proveniente del contagio. Allí, el mecanismo de transmisión se aborda desde las conexiones interbancarias, que ante la presencia de fuertes choques en algunos bancos generan fragilidades al conjunto del sistema financiero. A pesar de que los bancos toman en cuenta entre sus decisiones la posición de riesgo, los préstamos y el fallo de acreedores, aquellos no internalizan completamente los efectos que sus acciones generan sobre la red financiera.

De acuerdo con esto, López-Espinosa *et al.* (2013) analizan una muestra de 47 bancos internacionales de las principales economías avanzadas y evalúan el impacto que ciertos factores, listados en las cinco categorías propuestas por el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (CBSC, por su sigla en inglés), tienen sobre el riesgo de solvencia de cada institución y su contribución al riesgo sistémico. Utilizando la metodología del CoVaR, el estudio muestra que el tamaño del banco⁷ y la sustituibilidad⁸, no desempeñan un papel relevante en la propagación del riesgo sistémico. Por el contrario, el tamaño relativo de la cartera del banco y su gestión de liquidez parecen tener efectos sobre el riesgo individual y del sistema. Los autores sugieren que un enfoque macroprudencial para la regulación financiera debería centrarse no solo en la ampliación de las medidas microprudenciales, sino también en permitir la transferencia eficiente de los riesgos entre las instituciones financieras.

Trapp yWewel (2013) estudian una muestra amplia de bancos de los Estados Unidos y Europa, y analizan el riesgo sistémico inherente a las relaciones financieras fuera de la frontera de cada país. Los resultados sugieren que la exposición de los bancos a factores comunes es crucial para determinar el nivel de riesgo del sistema. Además, encontraron que las relaciones existentes entre los bancos estadounidenses y los europeos son más pequeñas que las encontradas entre bancos dentro del mismo país. Por otra parte, los efectos transnacionales de quiebras de bancos sobre la actividad real, y viceversa, tienen un impacto limitado en el cálculo agregado del riesgo sistémico. En conclusión, el trabajo sugiere que los reguladores deben concentrarse más en las dependencias bancarias internacionales derivadas de factores de riesgo común.

La mayoría de estudios sobre los determinantes del riesgo sistémico que se encuentran en la literatura identifican entre las principales variables de interés el tamaño relativo del banco (Elsinger *et al.*, 2006), la proporción de los préstamos interbancarios, el origen (país) del banco, los vínculos de los activos y las relaciones de crédito de inversión y, por último, la probabilidad de fallo o no pago (*default*) de los bancos (Huang *et al.*, 2012). Todas estas se ubican en el marco de análisis individual del riesgo. Otros trabajos relacionan las fluctuaciones en precios de activos o retornos financieros con los impactos en

7 En nivel absoluto o relativo al PIB.

8 Medida como la proporción de depósitos totales en su país de origen frente al total de los depósitos.

las hojas de balance de los bancos, vía liquidez o solvencia. Patro *et al.* (2013) examinan la pertinencia y la eficacia de las correlaciones entre los retornos de las instituciones financieras como un indicador de riesgo sistémico. Este análisis incluye empresas no financieras que en alguna medida incorporan las relaciones existentes entre los sectores financieros y no financieros. El estudio muestra que la correlación de los retornos de acciones es un indicador de riesgo sistémico simple y robusto, el cual captura la tendencia, así como las fluctuaciones en los niveles de riesgo sistémico en la economía de los Estados Unidos.

Por otra parte, existe literatura reciente que incorpora los efectos del riesgo sistémico financiero y el riesgo sistémico real. De Nicoló y Lucchetta (2013) utilizan un modelo de factores dinámicos y la metodología de regresión por cuantiles (Koenker y Bassett, 1978) para calcular indicadores de riesgo para el sector real y el sistema financiero.

Adicionalmente, emplean la metodología de CoVaR para hallar la codependencia entre los sectores (Adrian y Brunnermeier, 2011). Usando una muestra de alrededor de cincuenta variables para las economías del G7, los autores encuentran que la exploración y explotación de información de un gran número de variables mediante un modelo de factores produce un análisis profundo de las interacciones entre las fricciones financieras y la actual condición macroeconómica de un país, lo cual se convierte en una herramienta relevante para el hacedor de política. Otros ejemplos que relacionan la actividad real y el sistema financiero pueden ser vistos en Allen *et al.* (2012) y Lo-Duca y Peltonen (2013).

En el caso colombiano son pocos los estudios que abordan el análisis de riesgo sistémico, y la mayoría de ellos se concentran en el riesgo desde el punto de vista financiero. Las primeras investigaciones se interesaron en el tema del sistema de pagos y cómo este podía verse afectado por un choque en una entidad específica. Cepeda (2008), es uno de los trabajos pioneros, en el cual se modela el riesgo sistémico mediante la incertidumbre inherente dentro del sistema de pagos que resulta de la estructura de interconexiones entre los intermediarios financieros. Mediante el uso de la metodología denominada topología de redes, y simulando ciertos choques que podrían presentarse en una situación crítica, el autor encuentra que la red del sistema de pagos permite identificar los nodos más relevantes para el funcionamiento de los pagos. Con dicha información las autoridades reguladoras podrían concentrar sus esfuerzos en el seguimiento y control de las entidades que podrían desencadenar un mayor riesgo sobre el sistema.

Machado *et al.* (2010) realizaron una extensión utilizando topología de redes para caracterizar el sistema de pagos en Colombia, simulando diferentes escenarios adversos con el fin de identificar las entidades que sistémicamente eran más importantes (*too connected to fail*). Como resultado, encontraron que la mayoría de las entidades cuentan con mecanismos que les permiten solventar la iliquidez temporal que se presentaría en el sistema de pagos frente a situaciones de turbulencia no habituales. Sin embargo, existen entidades que, por su estructura y especialidad de su negocio, deben hacer un mayor esfuerzo en la administración del riesgo de liquidez. Bernal *et al.* (2011) diferencian la contribución de distintas fuentes de liquidez al riesgo, e identifican riesgos potenciales para cada tipo de entidad y para el sistema en conjunto. Todo ello contribuye de manera importante al diseño de políticas macroprudenciales que propendan por la estabilidad macrofinanciera.

Algo similar se encuentra en Laverde y Gutiérrez (2012), quienes también caracterizan las instituciones sistémicamente importantes. Los autores proponen el cálculo de tres indicadores de impacto sistémico y de tamaño de las empresas, para luego realizar algunas pruebas de estrés. Los resultados sugieren que no es suficiente hacer seguimiento a las entidades más grandes e interconectadas en el mercado interbancario. Cabrera *et al.* (2012) calculan los requerimientos de capital macroprudenciales para un conjunto de bancos colombianos, de forma que el capital que se exija a cada entidad dependa no solo de la estructura de sus activos, sino también del daño potencial que puede causar a otros bancos. Bajo la metodología de Gauthier *et al.* (2012), encontraron que nueve de catorce bancos colombianos están subcapitalizados, si se tiene en cuenta el nivel de riesgo que contribuyen al sistema, a pesar de estar cumpliendo con el requerimiento legal. Por último, Capera *et al.* (2013) también calculan la contribución individual de cada banco, considerando la estructura de su balance y la dependencia entre estas entidades. Estos autores encuentran que, aunque la cuantificación del riesgo sistémico no es elevada, es necesario y prudente continuar con la supervisión y regulación que fomente nuevas medidas cuantitativas de este tipo de riesgo.

Como se puede apreciar, la mayoría de estudios internacionales y locales se enfocan en lo que se denomina riesgo sistémico financiero; así, el aporte del presente artículo a la literatura es cuantificar las relaciones existentes entre los riesgos sistémicos, financieros y reales. A continuación se describe la estrategia utilizada para dicha estimación.

2. MODELO FAVAR

En la literatura económica usualmente se utiliza la metodología de modelos VAR para analizar la dinámica de un conjunto de series de interés. Sin embargo, cuando el número de variables que pretenden ser incluidas es elevado, la implementación práctica se complica. En otras palabras, el número de parámetros de este tipo de modelos aumenta de forma exponencial al incrementarse las series explicativas. Para solucionar dicho inconveniente, Bernanke *et al.* (2005) proponen el uso de una metodología alternativa, denominada *Favar*.

El modelo Favar combina las metodologías de factores dinámicos (Stock y Watson, 2002) y los modelos VAR (Sims, 1980 y 1992), lo que logra una representación parsimoniosa, aun cuando se utilice un gran número de series. En esta técnica la dinámica común de las series analizadas es explicada por un número pequeño de factores, los cuales, a su vez, son utilizados para estimar un modelo VAR. Siguiendo a Bernanke *et al.* (2005), este modelo se realiza en dos etapas: i) se identifican los factores que describen la dinámica común de las series utilizando componentes principales (CP), y ii) se estima un modelo VAR sobre los factores obtenidos previamente. En este trabajo se propone adicionar un componente idiosincrásico al modelo descrito por Bernanke *et al.* (2005), de la siguiente manera⁹:

9 Bernanke *et al.* (2005) modelan la relación entre los factores y las series observadas por medio de las ecuaciones (1) y (2). Sin embargo, estos autores no incluyen el término $G(L)X_{(t-1)}$ en la ecuación (1). Ellos suponen

$$X_t = AF_t + G(L)X_{t-1} + e_t \quad (1)$$

$$F_t = \Phi(L)F_{t-1} + u_t \quad (2)$$

En la ecuación (1) el vector de variables observadas X_t de dimensiones $N \times 1$ son explicadas por un componente común, otro idiosincrásico y un término de error. El vector de factores latentes F_t de dimensión $K \times 1$ ($K \ll N$) representa la dinámica común de las series observadas, mientras que $G(L)$ representa un polinomio de orden q de coeficientes asociados a rezagos de X_t , los cuales corresponden al componente idiosincrásico del modelo¹⁰. Adicionalmente, se supone que el término de error $e_t \text{ iid} \sim N(0, R)$. En la ecuación (2) los factores se explican por p de sus rezagos y un término de error, $u_t \text{ iid} \sim N(0, Q)$, que no se encuentra correlacionado con el error de la ecuación (1).

Con este método de estimación: Primero, se encuentran los factores asociados a $\tilde{X} : \{\tilde{X}_1, \dots, \tilde{X}_T\}$ ¹¹ siguiendo la metodología de Stock y Watson (2002, 2005). Segundo, se reemplazan los factores $\hat{F} : \{\hat{F}_1, \dots, \hat{F}_T\}$ obtenidos en el paso anterior en las ecuaciones (1) y (2), que permite estimar estas ecuaciones de forma estándar.

Adicionalmente, el modelo Favara utilizado en este documento considera la agrupación de las series observables en b bloques, de tal forma que cada grupo de variables es asociado con unos factores específicos. La idea de este agrupamiento es facilitar la interpretación de los factores latentes. En particular, en este trabajo las series observadas se dividen en dos grupos: sector financiero y sector real; como resultado se obtienen dos factores latentes relacionados con la dinámica de cada grupo. Con este tipo de agrupamiento el modelo es planteado de la siguiente forma:

$$X_t = AF_t + G(L)X_{t-1} + e_t, t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$F_t = \Phi(L)F_{t-1} + u_t \quad (4)$$

que las series observadas son explicadas únicamente por un vector de factores comunes junto con una serie ruido blanco. Aquí se considera que otro componente importante en la explicación de las series observadas es aquel relacionado con el factor idiosincrásico de cada una de ellas. La estrategia a seguir se basa en la inclusión de rezagos de las variables explicativas, tal como se observa en la ecuación (1).

¹⁰ Para evitar los problemas de sobreparametrización del VAR de las variables observadas, las matrices del polinomio $G(L)$ son diagonales.

¹¹ Donde $\tilde{X}_t = X_t - \hat{G}(L)X_{t-1}$.

con

$$X_t = \begin{bmatrix} X_{t,1} \\ X_{t,2} \\ \vdots \\ X_{t,b-1} \\ X_{t,b} \end{bmatrix}, \Lambda = \begin{bmatrix} \Lambda_1 & 0 & & 0 \\ 0 & \Lambda_2 & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & 0 & \Lambda_{b-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Lambda_b \end{bmatrix}, F_t = \begin{bmatrix} F_{t,1} \\ F_{t,2} \\ \vdots \\ F_{t,b-1} \\ F_{t,b} \end{bmatrix}$$

donde el vector de series observadas se encuentra subdividido en b bloques y la dimensión del i -ésimo bloque de X_t , $X_{t,i}$, es $N_i \times 1$ para $i = 1, \dots, b$, tal que $\sum_{i=1}^b N_i = N$. Por otro lado, la matriz Λ_i , de dimensión $N_i \times k_i$, corresponde a las ponderaciones de los factores latentes del i -ésimo bloque, $F_{t,i}$, asociadas con $X_{t,i}$, $i = 1, \dots, b$. Por tanto, el número total de factores latentes es $K = \sum_{i=1}^b k_i$. En este trabajo el vector $F_{(t,1)}$ representa los factores asociados con el sector real ($F_{t,SR}$) y $F_{t,2}$ los factores relacionados con el sector financiero ($F_{t,SF}$).

El modelo supone que el vector de variables observadas está explicado por un componente común no observado y un componente idiosincrásico. La especificación del primero implica que cada una de las series que conforman el i -ésimo bloque está expresada por el factor asociado con el grupo al que pertenece, $F_{t,i}$.

Una vez estimados los parámetros del modelo, se calculan las funciones de impulso-respuesta (FIR). En este análisis se realiza un choque sobre uno de los factores (F) y se analiza la respuesta en un subconjunto de las variables observadas (X). Las FIR se definen en términos de los coeficientes del polinomio matricial $\tilde{\Psi}(L)$, como se muestra a continuación.

Partiendo de la ecuación (4), se tiene el siguiente resultado:

$$F_t = (I - \Phi(L)L)^{-1} u_t \equiv \Psi(L)u_t \quad (5)$$

Reemplazando la expresión anterior en (3)

$$X_t = \Lambda \Psi(L)u_t + G(L)X_{t-1} + e_t \quad (6)$$

Finalmente, agrupando términos, se obtiene:

$$X_t = (I - G(L)L)^{-1} \Lambda \Psi(L)u_t + (I - G(L)L)^{-1} e_t \quad (7)$$

Por tanto, la función de impulso-respuesta de interés se obtiene en términos del polinomio matricial definido como sigue:

$$\tilde{\Psi}(L) \equiv (I - G(L)L)^{-1} \Lambda \Psi(L) \quad (8)$$

2.1 CoVaR

Una vez identificados los factores del sector real y del sector financiero con el modelo Favar, se calcula la medida tradicional de riesgo no condicional (*value at risk: VaR*) para cada uno de los sectores considerados. Con ello, se identifica el peor evento en la dinámica de la actividad real y del sistema financiero para un horizonte de pronóstico y un nivel de confianza dados. Luego, con el propósito de cuantificar el efecto que tiene un evento de estrés en el sector financiero sobre la actividad real, y viceversa, se construye una medida de riesgo análoga al *conditional value at risk: ΔCoVaR*.

Así, siguiendo a Adrian y Brunnermeier (2011) el *CoVaR* y el *ΔCoVaR* se definen como:

$$Pr\left(F_{SR} \leq CoVaR_{SR,\alpha,\tau}^{SF} \mid F_{SF} = VaR_{SF,\tau}\right) = \alpha \quad (9)$$

$$Pr\left(F_{SF} \leq CoVaR_{SF,\alpha,\tau}^{SR} \mid F_{SR} = VaR_{SR,\tau}\right) = \alpha \quad (10)$$

$$\Delta CoVaR_{SF,\alpha,\tau}^{SF} = CoVaR_{SR,\alpha,\tau}^{SF} - CoVaR_{SR,\alpha,0,5}^{SF} \quad (11)$$

$$\Delta CoVaR_{SF,\alpha,\tau}^{SR} = CoVaR_{SF,\alpha,\tau}^{SR} - CoVaR_{SF,\alpha,0,5}^{SR} \quad (12)$$

donde $CoVaR_{SR,\alpha,\tau}^{SF}$ es el valor en riesgo con un nivel de confianza α , asociado con la distribución condicional del factor de la actividad real (SR), dado que el factor del sector financiero (SF) se encuentra en el cuantil τ . Por su parte, el $\Delta CoVaR_{SR,\alpha,\tau}^{SF}$ mide el aumento en el riesgo del factor SR producido por un evento de estrés en el factor SF .

Para calcular el $\Delta CoVaR$, en este documento se propone una medida análoga (*conditional factor at risk: ΔCoFarR*), la cual emplea la función de impulso-respuesta de la ecuación de transición para realizar la medición. La implementación mediante la *FIR* es justificada debido a que esta corresponde a la diferencia entre dos escenarios, como sucede en el cálculo tradicional del *CoVaR*. De esta manera, el cálculo consiste en restar los pronósticos con choque (con estrés) y sin choque (sin estrés). Formalmente, las *FIR* de interés se definen como:

$$\begin{aligned} FIR(F_{SR,h,\delta}) &= E[F_{SR,t+h} \mid F_{SR;1,t}, F_{SF;1,t}, u_{t,SF} \\ &= \delta] - E[F_{SR,t+h} \mid F_{SR;1,t}, F_{SF;1,t}] \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} FIR(F_{SF,h,\delta}) &= E[F_{SF,t+h} \mid F_{SR;1,t}, F_{SF;1,t}, u_{t,SR} \\ &= \delta] - E[F_{SF,t+h} \mid F_{SR;1,t}, F_{SF;1,t}] \end{aligned} \quad (14)$$

donde δ hace referencia al tamaño del choque correspondiente y h al horizonte de pronóstico.

Aunque la anterior definición es similar a la utilizada en el $\Delta CoVaR$ tradicional, en este documento se realizan dos modificaciones: primero, el choque δ debe estar asociado

con un cuantil alto de la serie donde este ocurre, y segundo, se debe analizar un cuantil extremo en la variable de respuesta. En ese contexto, δ puede ser considerado como un VaR tradicional y, bajo el supuesto de normalidad, la medida propuesta en este artículo, $\Delta CoFaR$, se define de la siguiente forma¹²:

$$\Delta CoFaR_{SR,\alpha,\tau}^{SF} = FIR\left(F_{SR,h,\delta=VaR_{F,\tau}}\right) + \sigma_{FIR_{SF}} Z_{\alpha} \quad (15)$$

$$\Delta CoFaR_{SF,\alpha,\tau}^{SR} = FIR\left(F_{SF,h,\delta=VaR_{SR,\tau}}\right) + \sigma_{FIR_{SF}} Z_{\alpha} \quad (16)$$

donde σ_{FIR} es la desviación estándar de la FIR y Z_{α} es el cuantil α de la distribución normal.

3. DATOS Y RESULTADOS EMPÍRICOS

El modelo utilizado en este documento incluye información de 111 variables trimestrales¹³ que se pueden agrupar en dos bloques de indicadores de coyuntura económica: los asociados con la actividad real y los relacionados con el sector financiero. Para cada una de las series seleccionadas se cuenta con información desde el primer trimestre de 2003 hasta el primer trimestre de 2013, por lo que la muestra disponible tiene 41 datos por variable.

Con el fin de contar con series estacionarias, se realizaron ciertas transformaciones sobre las variables observadas. Para ello, primero se aplicó la operación logaritmo a la mayoría de series, excepto aquellas medidas como porcentaje o balance¹⁴. Posteriormente, se realizó el proceso de diferenciación de las series de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de raíz unitaria —Kwiatkowski *et al.* (1992); Elliott *et al.* (1996); Phillips y Perron (1988)—. Adicionalmente, se empleó una prueba de raíz unitaria estacional (Franses y Hobijn, 1997) para verificar la necesidad de realizar diferencias estacionales. La lista de variables utilizadas, el bloque al que pertenecen, así como las transformaciones realizadas se presenta en el Cuadro A1.1 del Anexo 1.

Antes de la estimación del modelo Favar descrito en las ecuaciones (15) y (16), se debe especificar el número de factores para el bloque del sector financiero (k_1) y el número de factores para el bloque del sector real (k_2). Igualmente, se requiere conocer el número de rezagos del componente idiosincrásico (q) en la ecuación de observación y el número de rezagos de los factores (p) utilizado en la ecuación de transición. De manera similar a los trabajos de Belviso y Milani (2006) y De Nicoló y Lucchetta (2013), se utilizó un factor para cada bloque, dados los resultados presentados en el Anexo 4, que

12 Esta expresión corresponde al límite superior o inferior del intervalo de confianza α de la FIR , dependiendo de la dirección que implica un mayor riesgo de la variable de respuesta.

13 Estas se encuentran divididas de la siguiente manera: 66 variables del sector real, 26 financieras y 19 que podrían pertenecer a cualquiera de los dos grupos anteriores.

14 Por ejemplo, las tasas de interés o los datos provenientes de encuestas de opinión empresarial o de consumidor.

corresponden a estimaciones de los criterios propuestos por Bai y Ng (2002). Por otro lado, se eligió $q = 1$ y $p = 1$, ya que esa estructura corresponde al modelo más parsimonioso y no presentaba evidencia de mala especificación¹⁵.

En los gráficos del Anexo 3 se presentan los factores estimados para los bloques correspondientes al sector financiero y al sector real. Se observa que cada senda de los factores tiene un recorrido que pasa por la mayor concentración de las series de cada bloque. Adicionalmente, en los gráficos se puede apreciar que en 2008, período en que transcurrió la crisis financiera, el factor financiero cayó primero que el real; de hecho, este último mostró el valor más bajo hasta 2009. Esto es coherente con lo que sucedió en ese momento, ya que el choque tuvo su origen en lo financiero y luego se transmitió a la actividad real. En los años posteriores, entre 2010 y 2013, el factor financiero ha mostrado mayor estabilidad que el factor real.

Esto podría ser explicado por las siguientes razones: i) la regulación financiera en Colombia, después de la crisis que sufrió el país en los años noventa, es mucho menos laxa que en las economías desarrolladas; ii) la combinación de políticas macroprudenciales realizadas por diversas autoridades económicas ha permitido que el sistema financiero permanezca estable y fortalecido durante la última década, y iii) la actividad real ha sufrido choques en diversos sectores que generan una mayor variabilidad del factor real.

Con respecto a esto último, se podrían mencionar eventos como la caída abrupta de la construcción en el tercer trimestre de 2012, la caída de la industria entre 2010 y 2013, que se explica por choques de oferta relacionados con acceso a materias primas y mantenimiento de plantas, así como a una mayor competencia internacional, los paros y problemas de licenciamiento ambiental que han sufrido las empresas dedicadas a la extracción del carbón en lo corrido de 2013, algunos problemas de orden público que han dificultado la producción minera y agrícola entre el segundo semestre de 2012 y el primero de 2013, entre otros. En general, la diversidad de ramas de producción del PIB en Colombia genera que el conjunto de indicadores que se incluyeron en el bloque de actividad real sea heterogéneo y, por tanto, se aprecie una mayor variabilidad en su dinámica.

Por otra parte, con el fin de analizar las interacciones entre los choques en el sector financiero y el sector real, y el conjunto de variables de la economía colombiana que se encuentra en el Anexo 1, se eligieron 17 series para luego realizar el análisis de impulso-respuesta (véase el Anexo 2). A continuación se describen dos choques de magnitud positiva sobre cada uno de los factores, los cuales se interpretan de la siguiente manera: i)

15 En el Anexo 5 se muestran las pruebas de especificación utilizadas sobre los residuos de la ecuación de transición. Las pruebas sobre los residuos de la ecuación de observación no se presentan por motivos de espacio, pero se encuentran disponibles a quien las solicite. Por otro lado, en los cuadros A6.1, A6.2 y A6.3, del Anexo 6, se presentan las pruebas de especificación propuestas por Stock y Watson (2005). Estos resultados indican que, en general, no existe evidencia de violación de los supuestos implícitos en la especificación del modelo Favar empleado. Por ejemplo, en el cuadro A6.1 se observa que en el 95% de las 222 pruebas realizadas no se rechaza al 1% la hipótesis nula de que las variables observadas no sean incluidas en la ecuación de los factores, mientras que para más del 85% de los casos no se rechaza la hipótesis nula cuando se utiliza un nivel de significancia del 5%. Adicionalmente, agregar las variables que fueron excluidas en la hipótesis nula produce un incremento bajo en el R^2 , es así como en el 95% de los casos considerados este aumento es menor a 0,09. Los órdenes de los polinomios empleados en estas pruebas son iguales a los utilizados en la especificación del modelo Favar.

sobre el factor financiero implica un aumento de la inestabilidad financiera; y ii) sobre el factor real sugiere un crecimiento en la actividad económica.

Ante el choque en el factor financiero, el indicador de estabilidad financiera (IEF) aumenta instantáneamente, lo que incrementa las primas de riesgo por la mayor incertidumbre (CDSCOL) y eleva las tasas de interés de corto plazo (TTESCP1) y largo plazo (TTESCP10). La mayor percepción de riesgo encarece el financiamiento y reduce el crédito (CCOMTOT). Adicionalmente, impacta de manera negativa los indicadores de calidad y mora de la cartera (ICALTOT, IMORCTOT). Por otro lado, la actividad real se ve afectada mediante un deterioro de la confianza de consumidores y empresarios (ICIT e ICI) y del encarecimiento en las fuentes de financiación, que finalmente produce una caída en el PIB.

Ante el choque en el factor real, se observa instantáneamente un aumento en el crecimiento (PIB), y la confianza de hogares y empresarios mejora (ICIT e ICI). Esto último genera un mayor dinamismo en el gasto de consumo e inversión, lo que retroalimenta el ciclo expansionista. Todo lo anterior genera una menor percepción de riesgo (CDSCOL) y reduce los costos de financiamiento vía una caída en las tasas de interés (TTESCP1 y TTESCP10). Con mejores perspectivas y un alivio en la posición financiera de los agentes, indicadores como la calidad (ICALTOT) y morosidad (IMORCTOT) de la cartera mejoran. Finalmente, el mejor desempeño de ambos sectores favorece la estabilidad financiera (IEF).

Los resultados de este documento sugieren que los choques entre los dos sectores analizados se propagan en ambas direcciones. En particular, el sector financiero en Colombia reacciona de manera más rápida ante una perturbación en la actividad real, en comparación con un choque financiero al sector real.

Dado el modelo Favar ajustado, se estimó la medida de riesgo CoFaR. Inicialmente, se calculó el peor escenario sobre el factor real y financiero por medio de un VaR que representa el choque implícito en la medida de riesgo considerada. Posteriormente, se calculó la medida CoFaR, de acuerdo con las ecuaciones (15) y (16). Como medida de valor en riesgo para cada factor se utilizó el percentil empírico $\tau = 0,90$ de estas series. Por otro lado, se utilizó un horizonte de pronóstico $h = 1, \dots, 8$ trimestres y un percentil $\alpha = 0,90$ para la medida de riesgo CoFaR.

Los resultados de la medida de riesgo empleada se pueden apreciar en los gráficos A7.1 y A7.2, del Anexo 7. El primer gráfico indica que, dado un evento adverso en el sistema financiero (cuantil 0,90 de este factor), el peor escenario en el factor del sector real, con un 90% de confianza, es una disminución en su dinámica. El segundo gráfico analiza la peor respuesta del sistema financiero ante un choque en el sector real, allí se aprecia que, bajo el mismo nivel de confianza, el riesgo de este sector aumenta. Adicionalmente, en estos gráficos se observa que un choque en el sector real se transmite de manera inmediata al sector financiero y luego se diluye en el tiempo. Por el contrario, un choque del sector financiero no se traduce en un efecto inmediato sobre el sector real; de hecho, la propagación del choque es más lenta, aunque su efecto aumenta con el tiempo.

Para interpretar los choques efectuados en función del grupo de variables observadas, solo es necesario analizar las funciones de impulso-respuesta presentadas, ya que estas representan la dinámica que siguen las variables de interés ante un choque en el factor respectivo. Por ejemplo, dadas las FIR presentadas en el Gráfico A2.3 del Anexo 2 y el hecho de que estas son funciones impares, un choque adverso en la dinámica del sector

real se puede interpretar como una desaceleración en el crecimiento del PIB, una caída en la confianza de los hogares y de las empresas (ICIT e ICI), entre otros efectos¹⁶.

Con el fin de contrastar y verificar la robustez de los resultados presentados, se emplearon distintas estimaciones, incluyendo dichas variables tanto en el bloque financiero como en el real. En este ejercicio se encontró que este ajuste no cambia significativamente los resultados.

Finalmente, como ejercicio de robustez se evaluó el efecto sobre las estimaciones del modelo que podía generar la inclusión de ciertas variables dentro de un sector diferente del que inicialmente hacen parte. En particular, aquellas donde no existe claridad del grupo al que pertenecen y que corresponden a las clasificadas en el sector 2 del Cuadro A1.1 del Anexo 1. A este respecto, se emplearon distintas estimaciones, incluyendo dichas variables tanto en el bloque financiero como en el real. Los resultados de este ejercicio muestran que este ajuste no cambia significativamente las estimaciones iniciales.

4. CONCLUSIONES

Como consecuencia de la crisis financiera internacional más reciente, la literatura se ha preocupado por el estudio de la transmisión de choques entre el sistema financiero y la actividad real. En este artículo se emplearon metodologías como el *Favar* y el *CoFaR* para analizar el riesgo de los sectores financiero y real, la posible retroalimentación entre ellos y su efecto sobre un conjunto de variables seleccionadas.

La implementación del modelo *Favar* permitió incorporar 111 variables de la economía colombiana, con lo cual se identificó la dinámica entre la actividad real y el sector financiero. La estrategia consistió en agrupar las series en dos bloques que corresponden a cada sector, luego se estimó un factor asociado con cada uno de ellos. Por último, dado el modelo autorregresivo, ajustado se encontraron las funciones de impulso-respuesta que permiten analizar los efectos que los choques sobre cada uno de los sectores tienen sobre un conjunto de variables de la economía colombiana.

Los resultados encontrados reflejan que un deterioro en la estabilidad financiera tiene efectos significativos sobre el crecimiento económico, la confianza de los agentes, el precio de los activos y las primas de riesgo, además del evidente efecto negativo que genera sobre variables del sector, como el crecimiento del crédito, las tasas de interés, indicadores de calidad y morosidad de la cartera, entre otros. De manera similar, un debilitamiento de la actividad real genera un detrimento tanto en las variables reales como en las financieras. En general, se aprecia que existen canales de transmisión entre ambos sectores que propagan los choques que se originan en uno de ellos; además, en cierta forma se incorporan las relaciones de ida y vuelta mediante la estructura dinámica del modelo VAR y las funciones de impulso-respuesta.

Adicionalmente, se cuantificó el peor desempeño que puede llegar a tener cada factor, dado un evento adverso en el otro. En este trabajo se propuso una medida denominada

16 Si el lector se encuentra interesado en interpretar el efecto del choque sobre alguna serie en particular, debe realizar un análisis análogo al ejemplo presentado, empleando la FIR correspondiente.

CoFaR, que es construida bajo la motivación del CoVaR, con la que se emplearon las funciones de impulso-respuesta derivadas de la ecuación de transición del modelo *Favar*. La estimación sugiere que la dinámica del sector financiero reacciona de manera más rápida ante un choque en el sector real, mientras que, por el contrario, los choques del sistema financiero se transmiten con mayor rezago a la actividad real.

Como se señaló a lo largo del documento, existen estrechos vínculos entre el sistema financiero y la actividad real que, bajo la presencia de un evento adverso, podrían complicar el panorama para la economía en su conjunto. Aunque este escrito no hace énfasis en el diseño de políticas económicas, los resultados llaman la atención sobre la necesidad de una mejor comprensión de la disímil respuesta de las variables a choques en cada uno de los sectores, y la forma como estos se transmiten a buena parte del conjunto de la economía, sin importar su origen. Así, el concepto de riesgo sistémico cobra gran importancia y se convierte en un reto para los hacedores de política en términos de la generación e implementación de políticas macroprudenciales que garanticen la estabilidad financiera en un entorno de crecimiento favorable y una inflación controlada.

REFERENCIAS

- Acemoglu, D.; Ozdaglar, A.; Tahbaz-Salehi, A. (2013). “Systemic Risk and Stability in Financial Networks”, working paper, núm. 18727, National Bureau of Economic Research.
- Acharya, V. (2009). “A Theory of Systemic Risk and Design of Prudential Bank Regulation”, *Journal of Financial Stability*, vol. 5, núm. 3, pp. 224-255.
- Adrian, T.; Brunnermeier, M. (2011). “Covar”, working paper, núm. 17454, *National Bureau of Economic Research*.
- Allen, F.; Carletti, E. (2010). “An Overview of the Crisis: Causes, Consequences, and Solutions”, *International Review of Finance*, vol. 10, núm. 1, pp. 1-26.
- Allen, L.; Bali, T.; Tang, Y. (2012). “Does Systemic Risk in the Financial Sector Predict Future Economic Downturns?”, *Review of Financial Studies*, vol. 25, núm. 10, pp. 3000-3036.
- Bai, J.; Ng, S. (2002). “Determining The Number Of Factors In Approximate Factor Models”, *Econometrica*, 70(1), 191–221.
- Bai, J., Y S. Ng (2002). “Determining the Number of Factors in Approximate Factor Models”, *Econometrica*, vol. 70, núm. 1, pp. 191-221.
- Basel Committee on Banking Supervision (2011). “The Transmission Channels between the Financial and Real Sectors: a Critical Survey of the Literature”, discussion paper, núm. 18, Bank for International Settlements.
- Belviso, F.; Milani, F. (2006). “Structural Factor-Augmented Vars (Sfavors) and the Effects of Monetary Policy”, *The B.E. Journal of Macroeconomics*, vol. 6, núm. 3.
- Bernal, J.; Cepeda, F.; Ortega, F. (2011). “Cuantificación de la contribución de las fuentes de liquidez en el sistema de pagos de alto valor en Colombia: una aproximación preliminar”, Borradores de Economía, núm. 683, Banco de la República.

- Bernanke, B.; Boivin, J.; Elias, P. (2005). "Measuring the Effects of Monetary Policy: A Factor-augmented Vector Autoregressive (Fav) Approach", *Quarterly Journal of Economics*, núm. 120, pp. 387-422.
- Bernanke, B.; Gertler, M. (1995). "Inside the Black Box: The Credit Channel of Monetary Policy Transmission", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, núm. 4, pp. 27-48.
- Bernanke, B.; Gertler, M.; Gilchrist, S. (1999). "The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework", en J. Taylor y M. Woodford (eds.), *Handbook of Macroeconomics*, vol. 1c, cap. 21, pp. 1341-1393, Elsevier.
- Bernanke, B. S.; Blinder, A. S. (1988). "Credit, Money and Aggregate Demand", *American Economic Review*, vol. 78, núm. 2, pp. 435-439.
- Borio, C.; Lowe, P. (2003). "Imbalances or Bubbles?: Implications for Monetary and Financial Stability", en C. Hunter, G. Kaufman y M. Pomerleano (eds.), *Asset Price Bubbles: The Implications for Monetary, Regulatory and International Policies*, pp. 247-270; Massachusetts: MIT Press.
- Brunnermeier, M. (2009). "Deciphering the Liquidity and Credit Crunch, 2007-2008", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, núm. 1, pp. 77-100.
- Cabrera, W.; Corredor, A.; Quicazán, C. (2012). "Requerimientos macroprudenciales de capital y riesgo sistémico: una aplicación para Colombia", *Temas de Estabilidad Financiera*, núm. 74, Banco de la República.
- Capera, L.; Gómez, E.; Laverde, M.; Morales, M. (2013). "Measuring Systemic Risk In The Colombian Financial System: A Systemic Contingent Claims Approach", *Journal of Risk Management in Financial Institutions*, vol. 6, núm. 3, pp. 253-279.
- Cárdenas, M.; Badel, A. (2003). "La crisis de financiamiento hipotecario en Colombia: causas y consecuencias", working paper, núm. 500, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cepeda, F. (2008). "La topología de redes como herramienta de seguimiento en el sistema de pagos de alto valor en Colombia", *Borradores de Economía*, núm. 513, Banco de la República.
- Christensen, I.; Corrigan, P.; Mendicino, C.; Nishiyama, S. (2007). "An Estimated Openeconomy General Equilibrium Model with Housing Investment and Financial Frictions" (mimeo), Bank of Canada.
- Christiano, L.; Motto, R.; Rostagno, M. (2007). "Financial Factors in Business Cycle", (manuscript), Northwestern University.
- Cobo, A.; Gómez, J.; Zárate, J. (2013). "Lecciones de las crisis financieras recientes para diseñar y ejecutar la política monetaria y la financiera en Colombia", en H. Rincón y A. Velasco (eds.), *Flujos de capitales, choques externos y respuestas de política en países emergentes*, pp. 645-674, Banco de la República, Colombia.
- De Nicoló, G.; Kwast, M. (2002). "Systemic Risk And Financial Consolidation: Are They Related?", *Journal of Banking and Finance*, vol. 26, núm. 5, pp. 861-880.
- De Nicoló, G.; Lucchetta, M. (2013). "Systemic Risks and the Macroeconomy", en J. Haubrich y A. Lo (eds.), *Quantifying Systemic Risk*, pp. 113-154, The University of Chicago Press.
- Diamond, D.; Dybvig, P. (1983). "Bank Runs, Deposit Insurance, And Liquidity", *Journal of Political Economy*, vol. 9, núm. 3, pp. 401-419.

- Diamond, D.; Rajan, R. (2005). "Liquidity Shortages and Banking Crises", *Journal of Finance*, vol. 60, núm. 2, pp. 615-647.
- Echavarría, H. (2003). *La crisis colombiana de los años noventa*, Bogotá: Cesa-Incolda; Instituto de Ciencia Política.
- Elliott, G.; Rothenberg, T.; Stock, J. (1996). "Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root", *Econometrica*, vol. 64, núm. 4, pp. 813-836.
- Elsinger, H.; Lehar, A.; Summer, M. (2006). "Systemically Important Banks: An Analysis for the European Banking System", *International Economics and Economic Policy*, vol. 3, núm. 1, pp. 73-89.
- Faia, E.; Monacelli, T. (2007). "Optimal Interest Rate Rules, Asset Prices and Credit Frictions", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 31, núm. 10, pp. 3228-3254.
- Fisher, I. (1933). "The Debt-Deflation Theory of Great Depressions", *Econometrica*, vol. 1, núm. 4, pp. 337-357.
- Fondo Monetario Internacional (2010). *Global Financial Stability Report*, abril.
- Fogafin (2009). *Crisis financiera colombiana en los años noventa: origen, resolución y lecciones institucionales*, Bogotá: Siglo del Hombre Editores; Universidad Externado de Colombia.
- Franses, P. H.; Hobijn, B. (1997). "Critical Values for Unit Root Tests in Seasonal Time Series", *Journal of Applied Statistics*, vol. 24, núm. 1, pp. 25-48.
- Freixas, J.; Rochet, J. C. (1997). *Economía bancaria*, Barcelona: Editorial Antoni Bosch.
- Furfine, C. (2003). "Interbank Exposures: Quantifying the Risk of Contagion", *Journal of Money, Credit, and Banking*, vol. 35, núm. 1, pp. 111-128.
- Gauthier, C.; Lehar, A.; Souissi M. (2012). "Macroprudential Capital Requirements and Systemic Risk", *Journal of Financial Intermediation*, vol. 21, núm. 4, pp. 594-618.
- Gilchrist, S.; Ortiz, A.; Zakrajšek, E. (2009). "Credit Risk and The Macroeconomy: Evidence From an Estimated Dsge Model" (mimeo), Boston University.
- Goodfriend, M.; McCallum, B. (2007). "Banking and Interest Rates in Monetary Policy Analysis: a Quantitative Exploration", *Journal of Monetary Economics*, vol. 54, núm. 5, pp. 1480-1507.
- Grimaud, A. (1997). "Intermédiation Financière, Politique de Base, Politique de Taux et Monnaie Endogène: un Modèle Synthétique", *Revue D'économie Politique*, vol. 107, núm. 1, pp. 81-105.
- Huang, X.; Zhou, H.; Zhu, H. (2012). "Systemic Risk Contributions", *Journal of Financial Services Research*, vol. 42, núms. 1-2, pp. 55-83.
- Iacoviello, M. (2005). "House Prices, Borrowing Constraints and Monetary Policy in the Business Cycle", *American Economic Review*, vol. 95, núm. 3, pp. 739-764.
- Kiyotaki, N.; Moore, J. (1997). "Credit Cycles", *Journal of Political Economy*, vol. 105, núm. 2, pp. 211-248.
- Koenker, R. W.; Bassett, G. (1978). "Regression Quantiles", *Econometrica*, vol. 46, núm. 1, pp. 33-50.
- Kwiatkowski, D.; Phillips, P.; Schmidt, P.; Shin, Y. (1992). "Testing The Null Hypothesis Of Stationarity Against The Alternative Of A Unit Root: How Sure Are We That Economic Time Series Have A Unit Root?", *Journal Of Political Economy*, vol. 54, núm. 1, pp. 159-178.

- Laverde, M.; Gutiérrez, J. (2012). “¿Cómo caracterizar entidades sistémicas?: medidas de impacto sistémico para Colombia”, *Temas de Estabilidad Financiera*, núm. 65, Banco de la República.
- Lo-Duca, M.; Peltonen, T. (2013). “Assessing Systemic Risks and Predicting Systemic Events”, *Journal of Banking and Finance*, vol. 37, núm. 7, pp. 2183–2195.
- López-Espinosa, G.; Rubia, A.; Valderrama, L.; Antón, M. (2013). “Good FOR One, Bad FOR All: Determinants OF Individual versus Systemic Risk”, *Journal of Financial Stability*, vol. 9, núm. 3, pp. 287–299.
- Machado, C.; León, C.; Sarmiento, M.; Cepeda, F.; Chipatecua, O.; Cely, J. (2010). “riesgo sistémico y estabilidad del sistema de pagos de alto valor en Colombia: análisis bajo topología de redes y simulación de pagos”, *Borradores de Economía*, núm. 627, Banco de la República.
- Meier, A.; Müller, G. (2006). “Fleshing Out the Monetary Transmission Mechanism: Output Composition and the Role of Financial Frictions”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 38, núm. 8, pp. 2099–2133.
- Morales, M.; Estrada, D. (2010). “A Financial Stability Index For Colombia”, *Ann Finance*, vol. 6, núm. 4, pp. 555–581.
- Patro, D.; Qi, M.; Sunc, X. (2013). “A Simple Indicator of Systemic Risk”, *Journal of Financial Stability*, vol. 9, núm. 1, pp. 105–116.
- Phillips, P.; Perron, P. (1988). “Testing For a Unit Root in Time Series Regression”, *Biometrika*, vol. 75, núm. 2, pp. 335–346.
- Reinhart, C.; Rogoff, K. (2009). “The Aftermath of Financial Crises”, working paper, núm. 14656, National Bureau of Economic Research.
- Sims, C. (1992). “Interpreting the macroeconomic Time Series Facts: the Effects of Monetary Policy”, *European Economic Review*, vol. 36, núm. 5, pp. 975–1000.
- Sims, C. A. (1980). “Macroeconomics and Reality”, *Econometrica*, vol. 48, núm. 1, pp. 1–48.
- Stock, J.; Watson, M. (2002). “Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes”, *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 20, núm. 2, pp. 147–162.
- Stock, J.; Watson, M. (2005). “Implications of Dynamic Factor Models for Var Analysis”, working paper, núm. 11467, National Bureau of Economic Research.
- Taylor, J. (2009). “The Financial Crisis and the Policy Responses: an Empirical Analysis of What Went Wrong”, working paper, núm. 14631, National Bureau of Economic Research.
- Toro, J.; Mora, R.; Parra, D. (2013). “Flujos de capitales, la crisis financiera internacional y los desbalances macroeconómicos”, en H. Rincón y A. Velasco (eds.), *Flujos de capitales, choques externos y respuestas de política en países emergentes*, pp. 1–52, Banco de la República, Colombia.
- Trapp, M.; Geweke, C. (2013). “Transatlantic Systemic Risk”, *Journal of Banking & Finance*, vol. 37, núm. 11, pp. 4241–4255.

ANEXO 1

Cuadro A1.1
Descripción de las series

Series				
Etiqueta	Nombre de la serie	Sector ^{a/}	Trans. final ^{b/}	Fuente
PIB	Producto interno bruto	1	3	DANE
IPISTC	Índice de producción industrial (IPI, sin trilla de café)	1	3	DANE
VENAUTO	Venta de automóviles	1	3	Comité Automotor Colombiano-Econometría
EXPTOT	Exportaciones totales: volumen	1	3	DANE
CGASO	Consumo de gasolina	1	3	Ecopetrol, cálculos DNP-DEE
DENER	Demanda de energía eléctrica (sistema interconectado nacional)	1	3	XM
DEPCC	Depósitos en cuenta de ahorros	2	3	Superfinanciera y Banco de la República
DTFN	DTF nominal	2	2	Superfinanciera y Banco de la República
LICEN	Licencias de construcción área aprobada	1	3	DANE
PCAFE	Producción de café	1	3	Federación Nacional de cafeteros
PCEME	Producción de cemento	1	3	DANE
COMMISC	Total comercio minorista sin combustibles	1	3	DANE
COMMISCV	Total comercio minorista sin combustibles ni vehículos de transporte	1	3	DANE
EMPIND	Empleo total industria	1	3	DANE, cálculos del Emisor
SALREAL	Salario real total	1	3	DANE
SALMIN	Salario mínimo real (IPC total 1990 = 100)	1	1	DANE, cálculos del Emisor
ICCV	Índice de costos de construcción de vivienda	1	3	DANE
EXPOINDV	Exportaciones sector industrial: volumen	1	3	DANE, cálculos del Emisor
EXPSVSPPV	Exportaciones totales sin Venezuela ni principales productos: volumen	1	3	DANE, cálculos del Emisor
EXPTOTV	Exportaciones totales: volumen	1	1	DANE, cálculos del Emisor

Cuadro A1.1 (continuación)

Descripción de las series

IMPBIV	Importaciones de bienes de capital: volumen	1	3	DANE, cálculos del Emisor
IMPTOTV	Importaciones totales: volumen	1	3	DANE, cálculos del Emisor
TERMINT	Términos de intercambio	1	3	DANE, cálculos del Emisor
ICEXT	Ingresos corrientes provenientes del exterior	1	3	DNP y MHCP
IKEXT	Ingresos de capital provenientes del exterior	1	3	DNP y MHCP
ECEXT	Egresos corrientes hacia el exterior	1	3	DNP y MHCP
EKEXT	Egresos de capital hacia el exterior	1	3	DNP y MHCP
ITCRIPP	Índice de tasa de cambio real ponderada por IPP-comercio total	2	3	Banco de la República
GTOG	Gastos totales del gobierno central	1	3	DNP y MHCP
ITRG	Ingresos tributarios del gobierno central	1	3	DNP y MHCP
IGOP	Inversión del gobierno central	1	3	DNP y MHCP
RIVA	Recaudo mensual de IVA interno	1	3	DIAN
PPETROL	Precio del petróleo colombiano	1	3	DANE, cálculos del Emisor
UCI	Índice de capacidad instalada	1	2	ANDI
INFL	Inflación (variación anual del IPC)	1	2	DANE
IPPTOT	IPP total	1	3	DANE
INFSA	Índice de precios al consumidor sin alimentos	1	2	DANE, cálculos del Emisor
IPCTAN	Índice de precios transables al consumidor	1	3	DANE, cálculos del Emisor
IPCNTRAN	Índice de precios no transable al consumidor	1	3	DANE, cálculos del Emisor
IPCREG	Índice de precios regulados al consumidor	1	3	DANE, cálculos del Emisor
IPPPCON	IPP producidos y consumidos	1	3	DANE, cálculos del Emisor
IPPIMP	IPP importados	1	3	DANE, cálculos del Emisor
IPPEXP	IPP exportados	1	3	DANE, cálculos del Emisor
IPPBK	IPP bienes de capital	1	3	DANE, cálculos del Emisor
M3	M3	1	3	Banco de la República
EMBI	EMBI <i>spread</i> Colombia	0	2	JP Morgan
TRM	Tasa de cambio nominal	0	3	Banco de la República

Cuadro A1.1 (continuación)**Descripción de las series**

IEF	Indicador de estabilidad financiera	0	2	Banco de la República
BASEM	Base monetaria	1	3	Banco de la República
M1	M1	1	3	Banco de la República
EFFECT	Efectivo	1	3	Banco de la República
M2	M2	1	3	Banco de la República
TOTAHO	Total ahorro	2	3	Banco de la República
RESER	Reserva	2	3	Banco de la República
RIN	Reservas internacionales netas	2	3	Banco de la República
TTESCP1	Tasas TES cero cupón a un año	0	2	Cálculos del Emisor
TTESCP5	Tasas TES cero cupón a cinco años	0	2	Cálculos del Emisor
TTESCP10	Tasas TES cero cupón a diez años	0	2	Cálculos del Emisor
IGBC	IGBC	2	3	BVC
MI	Margen de intermediación	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
PLAL	Pasivos líquidos sobre activos líquidos del sector financiero	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
FIAL	Fondos interbancarios sobre activos del sector financiero	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
IDEOP	Intereses de la deuda externa pagados	2	1	DNP y MHCP
IDiop	Intereses de la deuda interna pagados	2	2	DNP y MHCP
CDSCOL	<i>Credit default swaps</i> a cinco años	0	2	Bloomberg
IMORCTOT	Indicador de mora de cartera total con <i>leasing</i>	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
CHPTOT	Hipotecaria total	2	3	Superfinanciera y Banco de la República
CCONTOT	Consumo total	2	6	Superfinanciera y Banco de la República
CMICTOT	Microcrédito total	2	3	Superfinanciera y Banco de la República
CCOMTOT	Comercial total	2	3	Superfinanciera y Banco de la República
ROATOT	Retornos sobre activos (ROA) del sistema financiero	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
ROABANK	Retornos sobre activos (ROA) de los bancos	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
ROETOT	Retornos sobre ganancias (ROE) del sistema financiero	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
ROEBANK	Retornos sobre ganancias (ROE) de los bancos	0	2	Superfinanciera y Banco de la República

Cuadro A1.1 (continuación)**Descripción de las series**

ICALCOM	Indicador de calidad de cartera comercial	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
ICALCON	Indicador de calidad de cartera consumo	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
ICALHIP	Indicador de calidad de cartera hipotecaria	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
ICALMIC	Indicador de calidad de cartera del microcrédito	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
ICALTOT	Indicador de calidad de cartera total con <i>leasing</i>	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
IMORCCOM	Indicador de mora de cartera comercial	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
IMORCCON	Indicador de mora de cartera consumo	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
IMORCHIP	Indicador de mora de cartera hipotecaria	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
IMORCMIC	Indicador de mora de cartera del microcrédito	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
CBTES	Crédito bruto concedido a la Tesorería	2	3	Superfinanciera y Banco de la República
TITC	Tasa de interés de los créditos de los hogares	0	2	Superfinanciera y Banco de la República
ICIT	Indicador de confianza del consumidor agregado	2	2	Fedesarrollo
ICI	Indicador de confianza empresarial	2	2	Fedesarrollo
EIVA	Expectativas mensuales de inflación, variación anual	1	2	Banco de la República
ETCP	Expectativas sobre la TRM, promedio mensual	0	3	Banco de la República
IECON	Índice de expectativas de los consumidores (IEC)	1	2	Fedesarrollo
ICECO	Índice de condiciones económicas (ICE)	1	2	Fedesarrollo
ICICBD	Índice de intención de compra de bienes durables	1	2	Fedesarrollo
ICIPER	Perspectivas a un año de los hogares	1	0	Fedesarrollo
BEI5	Expectativas de inflación derivadas de los TES a cinco años	2	2	MEC, cálculos del Emisor
BEI10	Expectativas de inflación derivadas de los TES a diez años	2	2	MEC, cálculos del Emisor
TIB	Tasa interbancaria	2	2	Banco de la República
ICICLI	Clima de negocios	1	2	Fedesarrollo

Cuadro A1.1 (continuación)
Descripción de las series

EOEC1	Situación económica actual de las empresas (pregunta 1 EOE): comercio	1	2	Fedesarrollo
EOEC2	Ventas en unidades vs. ventas en unidades mes anterior (pregunta 2 EOE): comercio	1	2	Fedesarrollo
EOEC3	Ventas en unidades vs. ventas en unidades en el mismo mes del año anterior (pregunta 3 EOE): comercio	1	2	Fedesarrollo
EOE1	Situación económica actual (pregunta 1): industria	1	2	Fedesarrollo
EOE2	Actividad productiva comparada con el mes anterior (pregunta 2): industria	1	2	Fedesarrollo
EOE3	Existencias de productos terminados al finalizar el mes (pregunta 3): industria	1	2	Fedesarrollo
EOEC4	Nivel actual de existencias (pregunta 4 EOE): comercio	1	2	Fedesarrollo
EOEC5	Situación de la demanda en el mercado nacional (pregunta 5 EOE): comercio	1	2	Fedesarrollo
EOEC6	Nivel de pedidos a los proveedores (pregunta 6 EOE): comercio	1	2	Fedesarrollo
EOE7	Capacidad instalada, dado el volumen actual de pedidos o la situación actual de la demanda (pregunta 7): industria	1	2	Fedesarrollo
EOE8	Expectativas de producción en los próximos tres meses (pregunta 8): industria	1	2	Fedesarrollo
EOE9	Expectativas de precios en los próximos tres meses (pregunta 9): industria	1	0	Fedesarrollo
EOE10	Expectativas de la situación económica en los próximos tres meses (pregunta 10): industria	1	2	Fedesarrollo
EOE11	Capacidad instalada actual dado el ritmo de pedidos, o demanda esperada para los próximos doce meses (pregunta 11): industria	1	2	Fedesarrollo

a/ 0 indica variables asociadas con el sector financiero, 1 variables relacionadas con la actividad real y 2 variables que podrían estar al mismo tiempo en los dos grupos anteriores.

b/ 0 indica ninguna transformación, 1 logaritmo, 2 diferencia regular, 3 diferencia sobre el logaritmo, 4 diferencia estacional, 5 dos diferencias regulares sobre el logaritmo y 6 dos diferencias regulares.

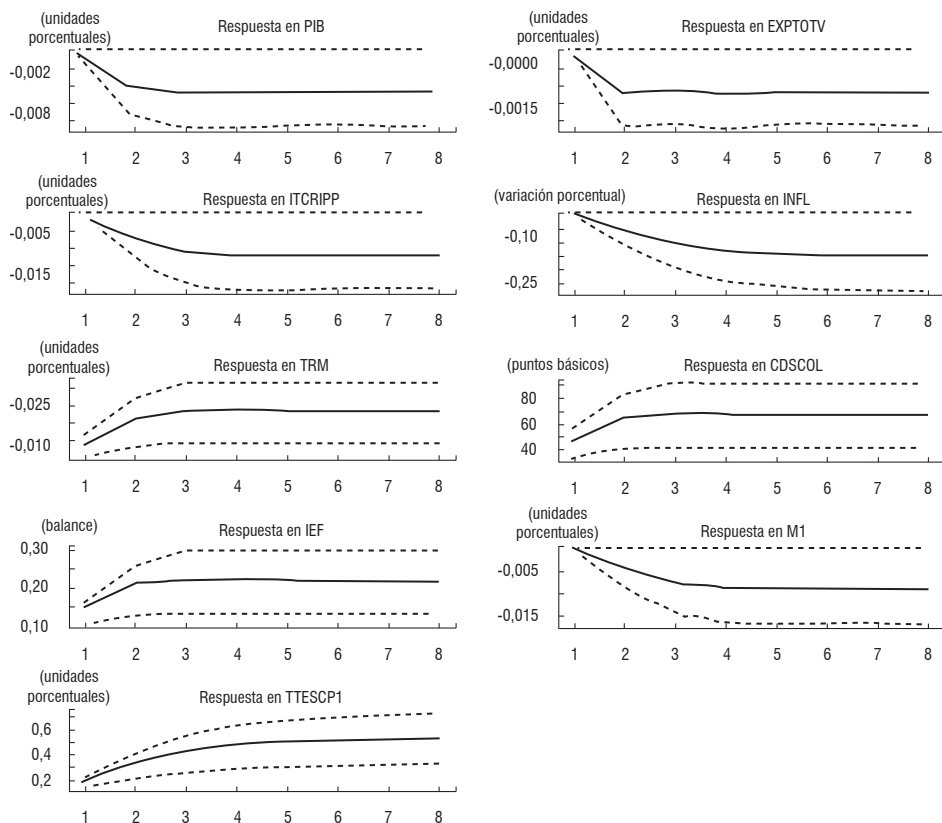
Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 2

FUNCIONES DE IMPULSO-RESPUESTA

Gráfico A2.1

Funciones de impulso-respuesta para un choque en el factor del sector financiero



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A2.2

Funciones de impulso-respuesta para un choque en el factor del sector financiero

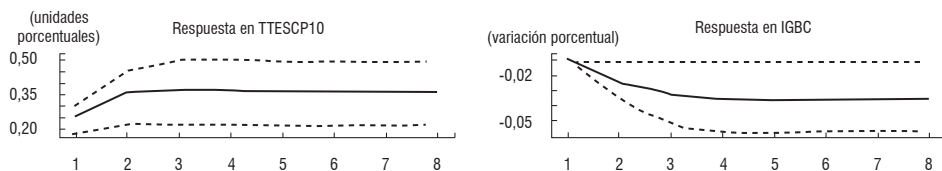
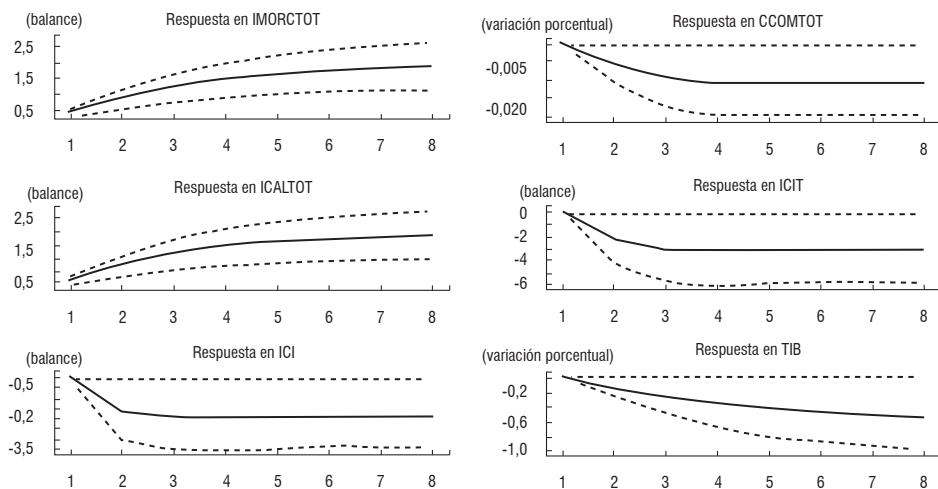


Gráfico A2.2 (continuación)

Funciones de impulso-respuesta para un choque en el factor del sector financiero



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A2.3

Funciones de impulso-respuesta para un choque en el factor del sector real

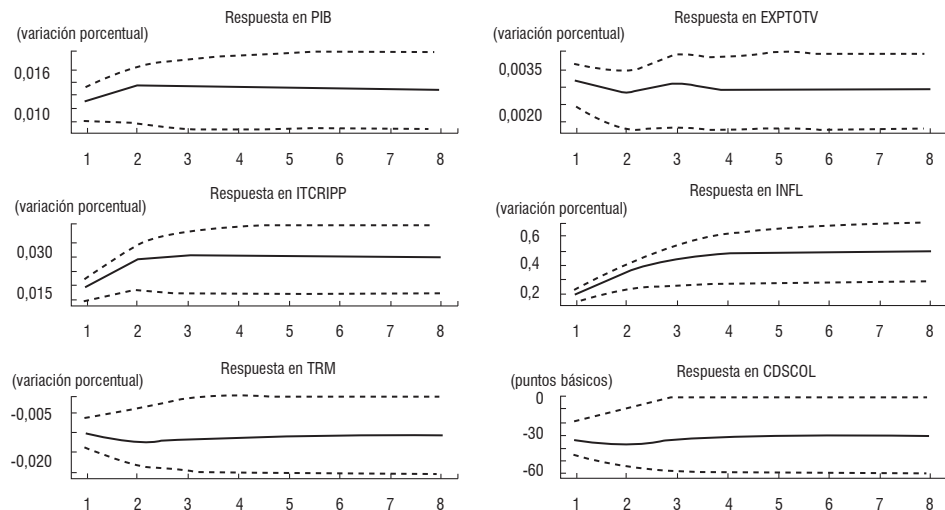
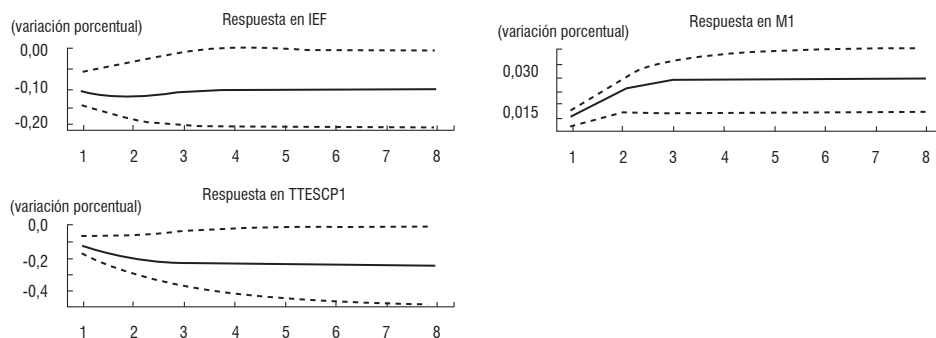


Gráfico A2.3 (continuación)

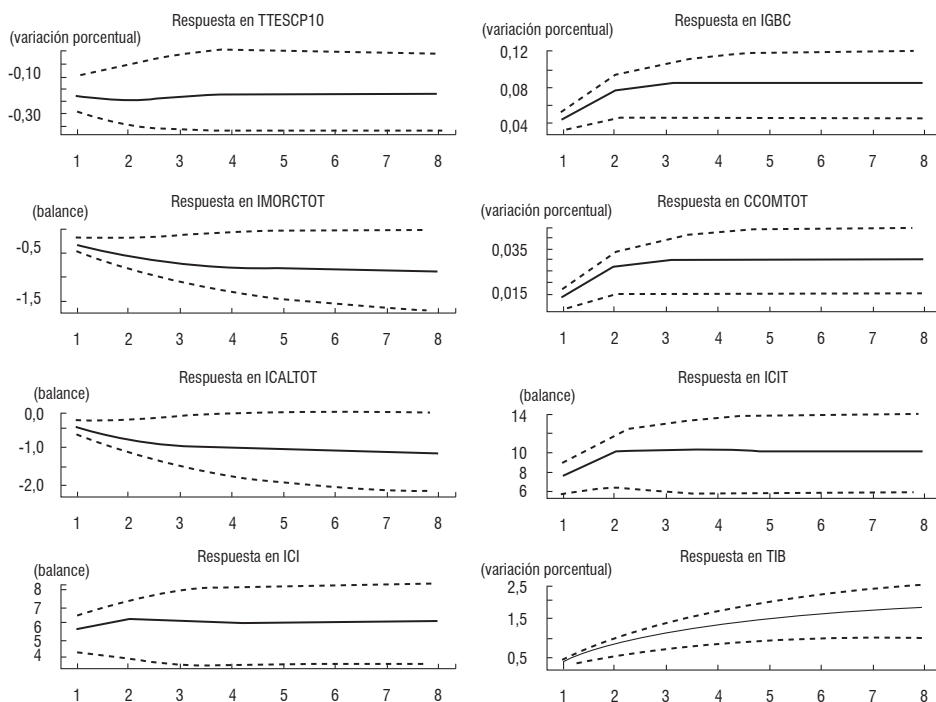
Funciones de impulso-respuesta para un choque en el factor del sector real



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A2.4

Funciones de impulso-respuesta para un choque en el factor del sector real

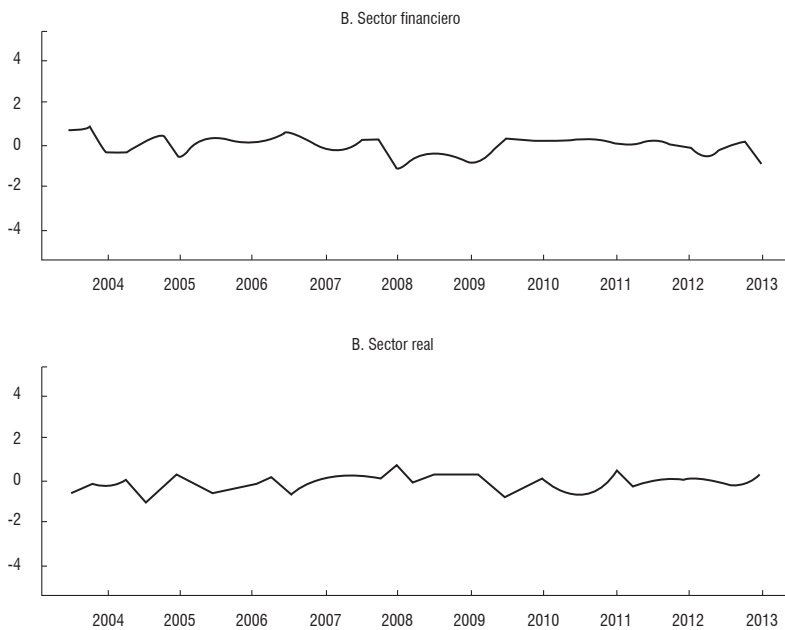


Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 3

Gráfico A3.1

Series observadas y factores estimados por bloques



Nota: en el gráfico superior se presentan las series del bloque del sector financiero y el factor estimado. En el inferior se muestran las series del bloque del sector real y el factor estimado.

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO A4.1
CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL NÚMERO DE FACTORES

Cuadro A4.1
Criterio IC1 de Bai y Ng

		Número de factores financieros					
		1	2	3	4	5	6
Número de factores reales	1	6.389	6.478	6.564	6.607	6.716	6.657
	2	6.503	6.592	6.678	6.721	6.830	6.771
	3	6.616	6.704	6.790	6.833	6.942	6.882
	4	6.731	6.819	6.905	6.948	7.057	6.997
	5	6.845	6.933	7.019	7.061	7.170	7.110
	6	6.959	7.047	7.133	7.176	7.285	7.225

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A4.2
Criterio IC2 de Bai y Ng

		Número de factores financieros					
		1	2	3	4	5	6
Número de factores reales	1	6.410	6.509	6.606	6.659	6.779	6.730
	2	6.535	6.634	6.730	6.784	6.903	6.854
	3	6.658	6.757	6.853	6.906	7.026	6.977
	4	6.783	6.881	6.978	7.031	7.151	7.101
	5	6.907	7.006	7.102	7.156	7.275	7.225
	6	7.033	7.131	7.227	7.281	7.400	7.350

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A4.3
Criterio IC3 de Bai y Ng

		Número de factores financieros					
		1	2	3	4	5	6
Número de factores reales	1	6.344	6.409	6.473	6.493	6.579	6.497
	2	6.435	6.501	6.564	6.584	6.671	6.588
	3	6.525	6.590	6.654	6.674	6.760	6.677
	4	6.617	6.682	6.745	6.765	6.852	6.769
	5	6.708	6.773	6.836	6.856	6.943	6.860
	6	6.800	6.865	6.928	6.948	7.035	6.952

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 5

PRUEBAS DE ESPECIFICACIÓN SOBRE LOS RESIDUALES DE LA ECUACIÓN DE TRANSICIÓN DEL MODELO FAVAR

Cuadro A5.1

Prueba univariada de Ljung-Box

Factor	Hipótesis nula	Estadística	Valor-P
Real	No existe autocorrelación	14.540	0,104
Financiero	No existe autocorrelación	14.007	0,122

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A5.2

Prueba univariada de Engle

Factor	Hipótesis nula	Estadística	Valor-P
Real	No hay efecto GARCH	8.785	0.922
Financiero	No hay efecto GARCH	15.464	0.491

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A5.3

Prueba univariada de Jarque-Bera

Factor	Hipótesis nula	Estadística	Valor-P
Real	Normalidad	2.554	0,279
Financiero	Normalidad	1.027	0,598

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A5.4

Pruebas multivariadas

Prueba	Hipótesis nula	Estadística	Valor-P
Portmanteau tipo Ljung-Box sobre los residuales	No existe autocorrelación	70.640	0,164
Breusch-Godfrey tipo LM	No existe autocorrelación	30.017	0,070
Edgerton-Shukur tipo F	No existe autocorrelación	1.595	0,094
Portmanteau tipo Ljung-Box sobre el cuadrado de los residuales	No hay efecto MGARCH	15.464	0,491
Jarque-Bera	Normalidad	3.744	0,442

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 6**PRUEBAS DE ESPECIFICACIÓN DE STOCK Y WATSON****Cuadro A6.1****Percentiles de los valores P de las pruebas de no causalidad de X a F en sentido Granger**

$F_t = \Phi(L) F_{t-1} + \Psi_j(L) X_{j,t-1} + u_t (H_0 : \Psi_j' s = 0)$									
Percentiles	5%	10%	15%	25%	50%	75%	85%	90%	95%
Valor P	0,01	0,04	0,06	0,13	0,36	0,65	0,8	0,89	0,94
Incremento en R^2	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09

Nota: este cuadro muestra los percentiles de 222 valores P de la prueba de causalidad asociada con la hipótesis nula de que cada una de las variables observadas (X) no causa en el sentido de Granger a los factores (F).

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A6.2**Percentiles de los valores P de las pruebas de exclusión de X_j en la ecuación X_i con factores rezagados**

$X_{i,t} = \Lambda_i \Phi(L) F_{t-1} + g_j(L) X_{j,t-1} + \beta_{jt}(L) X_{j,t-1} + e_{i,t} (H_0 : \beta_{ij}' s = 0)$									
Percentiles	5%	10%	15%	25%	50%	75%	85%	90%	95%
Valor P	0,01	0,03	0,06	0,14	0,39	0,68	0,81	0,88	0,94
Incremento en R^2	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,11

Nota: este cuadro muestra los percentiles de 12.210 valores P de la prueba de exclusión asociada con la hipótesis nula de que cada una de las variables observadas (X_j) no explica a cada una de las variables observadas restantes (X_i) en la presencia de factores rezagados.

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A6.3**Percentiles de los valores P de las pruebas de exclusión de X_j en la ecuación X_i con factores contemporáneos**

$X_{i,t} = \Lambda_i F_t + g_j(L) X_{i,t-1} + \beta_{jt}(L) X_{j,t-1} + e_{i,t} (H_0 : \beta_{ij}' s = 0)$									
Percentiles	5%	10%	15%	25%	50%	75%	85%	90%	95%
Valor P	0,00	0,00	0,01	0,05	0,25	0,57	0,73	0,81	0,90
Incremento en R^2	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,19

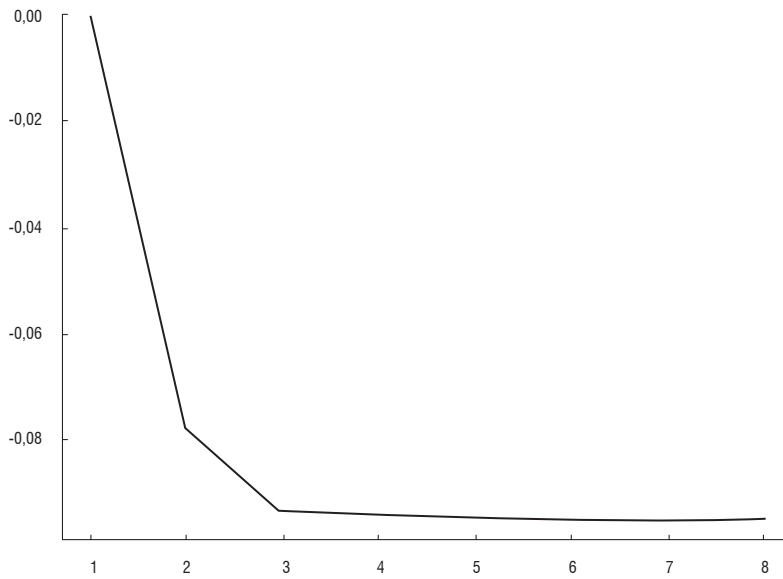
Nota: este cuadro muestra los percentiles de 12.210 valores P de la prueba de exclusión asociada con la hipótesis nula de que cada una de las variables observadas (X_j) no explica a cada una de las variables observadas restantes (X_i) en la presencia de factores contemporáneos.

Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 7

Gráfico A7.1

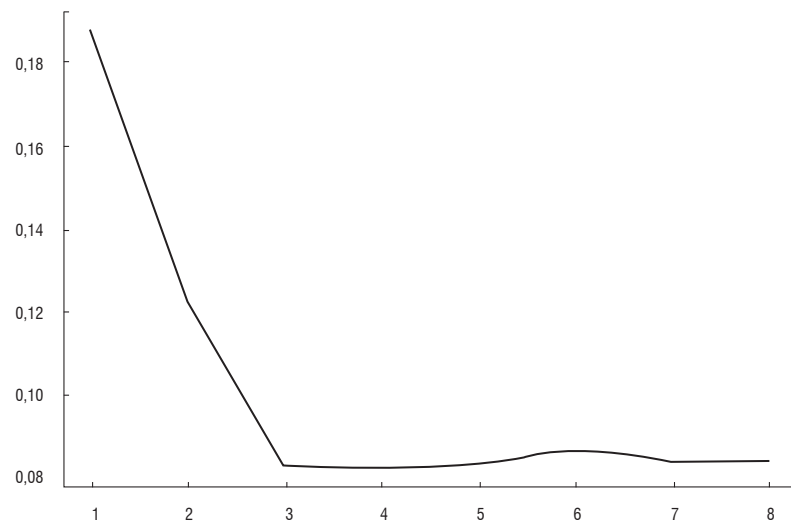
$\Delta CoFaR_{SR,0,90,0,90}^{SF}$ $\Delta CoFaR$ para el sector real con un nivel de significancia 0,90 condicionado al cuantil 90 del sector financiero



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A7.2

$\Delta CoFaR_{SF,0,90,0,90}^{SR}$. $\Delta CoFaR$ para el sector financiero con un nivel de significancia 0,90 condicionado al cuantil 90 del sector real



Fuente: cálculos de los autores.

18. RELACIONES CREDITICIAS Y RIESGO DE CONTAGIO EN EL MERCADO INTERBANCARIO NO COLATERALIZADO COLOMBIANO

Laura Capera Romero
Juan Lemus Esquivel
Dairo Estrada*

El mercado interbancario es un mecanismo importante de distribución de excedentes de liquidez entre las entidades financieras, ya que puede proveer cobertura frente a las dificultades que puedan presentar los participantes para cumplir con sus obligaciones de corto plazo (Bhattacharya y Gale, 1987), así como facilitar el cumplimiento de los requisitos de reserva bancaria. Un resultado usual de los modelos que analizan el mercado interbancario es que su correcto funcionamiento es importante no solo para garantizar que los intermediarios financieros puedan acceder a fuentes de liquidez, sino para permitir el acceso de hogares y empresas a un flujo de financiación estable e intermediado por el sistema financiero (Freixas *et al.*, 2011).

La asignación eficiente de recursos en el mercado interbancario es particularmente importante en momentos de crisis, en la medida en que varias entidades pueden tener una mayor demanda por recursos líquidos. No obstante, como muestran Acharya *et al.* (2012), los participantes del mercado interbancario pueden reducir su disponibilidad de atender la demanda de liquidez en escenarios de crisis, como el ocurrido en 2008, por lo que el mecanismo de asignación puede fallar en su objetivo de proveer liquidez, en particular a las entidades más afectadas. De esta forma, la asignación de recursos en este mercado puede depender del poder de negociación que tengan las entidades, es decir, del tipo de relaciones que se construyen entre sus participantes (deudores y acreedores).

En mercados donde se conocen de antemano las características de la contraparte, es decir, donde el mecanismo de negociación no es anónimo, las relaciones entre deudores y acreedores pueden tener efectos sobre la manera como se distribuyen los excedentes de

* Los autores son, en su orden, profesionales especializados del Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República, e investigador principal de la Unidad de Investigaciones del Banco de la República. Las opiniones contenidas en este documento son exclusivas de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva, como tampoco a Finagro. Los autores son responsables de los errores y omisiones que persistan.

liquidez, dado que consideraciones sobre la idoneidad de la contraparte determinan las condiciones de la transacción, tales como el monto prestado y el costo de la financiación (Cocco *et al.*, 2009). Un ejemplo es el mercado interbancario no colateralizado (MINC), el cual se caracteriza por una interacción repetida entre un grupo reducido de agentes, lo que puede dar lugar a equilibrios distintos a los observados en un mercado anónimo, dado que los agentes actúan basándose en las estrategias que sus contrapartes pueden adoptar en el futuro. Lo anterior es de especial importancia en episodios de baja liquidez, donde las entidades deciden reducir su oferta de recursos a sus contrapartes. Al respecto, Carlin *et al.* (2007) señalan que en el MINC las estrategias de cooperación entre los agentes pueden reducir la frecuencia de las situaciones de baja liquidez; sin embargo, aumentan el riesgo de contagio, por el mayor número de conexiones.

El efecto de las relaciones crediticias sobre el riesgo de contagio en el MINC ha sido abordado por varios autores: Ladley (2010) utiliza un modelo teórico para mostrar los efectos que puede tener la estructura de este mercado sobre la vulnerabilidad de los bancos ante choques individuales o sistémicos. Una mayor cantidad de conexiones en el mercado permite compartir los efectos de los choques individuales, por lo que el número de entidades que entran en *default* disminuye. No obstante, ante choques de carácter sistémico, la conectividad óptima puede variar dependiendo del tamaño del choque; de esta forma, un mayor número de conexiones ayuda a prevenir el contagio si el choque es pequeño, pero podría tener el efecto contrario si es de gran magnitud. Por su parte, utilizando un enfoque empírico, Cocco *et al.* (2009) y Bräuning y Fecht (2012) concluyen que la existencia de estas relaciones permite explicar los diferenciales en la tasa de interés aplicada a las entidades que participan en el MINC.

En este documento se busca responder si las interacciones entre los agentes participantes en el MINC en Colombia conllevan a una mayor materialización del riesgo de contagio ante una situación de baja liquidez. Para tal fin se identifican las relaciones entre las entidades del MINC mediante indicadores que recogen el orden de preferencia de una entidad frente a sus acreedores y deudores en el tiempo, similares a los propuestos por Cocco *et al.* (2009). Posteriormente, se estima un modelo utilizando la técnica de regresión beta, con la cual se identifican los efectos que pueden tener sobre estos indicadores las consideraciones de tamaño, rentabilidad, liquidez y solvencia de las contrapartes. Finalmente, con el propósito de examinar el papel que tienen estas relaciones crediticias en la provisión de liquidez de las entidades, se realiza un ejercicio de riesgo de contagio similar al propuesto por Estrada y Morales (2009), donde las preferencias de los agentes con respecto a sus principales deudores y acreedores se incorporan mediante el costo de reducir la oferta de liquidez a las contrapartes¹. Las bases de datos utilizadas en esta investigación se construyeron a partir de los registros de transacciones del Sistema de Cuentas de Depósito (CUD), administrados por el Banco de la República.

1 A diferencia de lo propuesto por estos autores, y como se explicará en más detalle, en este ejercicio se supone que este costo (reducir la oferta de liquidez a una contraparte) no es aleatorio, sino que obedece al grado de dependencia que tienen las entidades frente a sus acreedores más importantes. Los resultados se comparan con el escenario de costos aleatorios de reducir la liquidez, con lo que es posible analizar el efecto de las relaciones crediticias sobre el riesgo de contagio.

Una ventaja importante del presente trabajo es el uso del indicador de riesgo de liquidez (IRL), introducido por la Superintendencia Financiera de Colombia en 2009², el cual permite conocer el descalce entre los requerimientos netos de corto plazo y los activos de alta liquidez. Esta medida permite monitorear el riesgo de liquidez de fondeo de las entidades del sistema financiero, aportando ventajas importantes frente a los indicadores que pueden construirse con base en información de balance, ya que permite conocer con precisión las necesidades de liquidez que tienen las entidades en el corto plazo y los recursos con que estas cuentan para respaldar sus obligaciones. En contraste, la información de balance no se encuentra discriminada según vencimientos.

Adicionalmente, al considerar los flujos de egresos e ingresos contractuales y no contractuales, el IRL permite identificar y clasificar las fuentes de fondeo según su importancia, lo cual, para propósitos de esta investigación, es valioso en la medida en que permite aislar los flujos provenientes y destinados al MINC. En segundo lugar, esta desagregación permite incorporar un escenario de baja liquidez en el mercado, lo que es más realista en comparación con aquellos que se pueden obtener utilizando información de balance.

Los resultados de los ejercicios empíricos de este trabajo muestran que las entidades del MINC tienden a concentrar sus operaciones con un número reducido de acreedores y deudores, al tiempo que algunos participantes actúan recurrentemente como demandantes u oferentes netos. La decisión de una entidad de realizar transacciones con determinado acreedor o deudor depende de diferentes factores, por ejemplo, del nivel de los activos y de la rentabilidad de la contraparte. Al introducir las relaciones crediticias observadas en un ejercicio que mide el impacto del riesgo de contagio, se encuentra que la materialización de este riesgo es mayor en comparación con un escenario donde las entidades son indiferentes frente a sus fuentes de fondeo, tanto en términos del monto que se deja de ofrecer en el interbancario como en relación con el número de entidades con oferta y demanda de liquidez insatisfechas. Lo anterior indica que la estructura presente en el MINC lo hace más vulnerable al riesgo de contagio, pues las entidades dependen de un número limitado y específico de acreedores.

El documento se divide en cinco partes, luego de esta introducción. En la primera sección se presenta una breve revisión de la literatura sobre el MINC. La segunda describe las principales características del MINC en Colombia. En la tercera se presentan algunas medidas que permiten identificar las relaciones crediticias presentes en el mercado interbancario y haciendo uso de la metodología de regresión beta, explicarlas mediante características financieras de las entidades. Posteriormente, se presenta un modelo de riesgo de contagio, similar al propuesto por Estrada y Morales (2009), donde se tienen en cuenta las interacciones de las entidades. El documento termina con algunos comentarios finales a partir de los resultados.

2 Este indicador permite medir el descalce de liquidez que presenta la entidad en determinado horizonte de tiempo, de manera similar al *liquidity coverage ratio* (LCR) propuesto por el Comité de Basilea. Aspectos relacionados con el cálculo y reporte de este indicador pueden consultarse en el Anexo II del capítulo VI de la Circular Básica Contable y Financiera, y en la Circular Externa 044 de diciembre de 2011, expedidas por la Superintendencia Financiera de Colombia.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los mercados interbancarios son de gran importancia para el sistema financiero porque permiten redistribuir los excedentes de liquidez entre las entidades superavitarias y deficitarias, suavizando los choques a los que estas pueden verse expuestas en el desarrollo de su actividad de intermediación financiera. Su importancia, estructura y funcionamiento han sido abordados por una literatura creciente, en particular luego de la crisis financiera más reciente.

Siguiendo a Allen *et al.* (2011), en el caso de aquellas entidades con la capacidad de suministrar liquidez al mercado, la importancia del mercado interbancario radica en que el costo de oportunidad de mantener recursos que garantizan liquidez inmediata en su balance es muy alto frente a la alternativa de poderlos prestar y obtener rendimientos, mientras que por el lado de las entidades que demandan liquidez, este mercado resulta fundamental en la medida en que brinda la posibilidad de lidiar con choques idiosincrásicos sin renunciar a proyectos de inversión que podrían garantizar condiciones óptimas de rentabilidad en el largo plazo (Acharya *et al.*, 2012).

Como señalan Freixas *et al.* (2011), la última crisis financiera global mostró la estrecha relación entre el funcionamiento de este mercado y la transmisión de la política monetaria, e impuso nuevos retos acerca del papel que debe desempeñar el banco central en cuanto a promover la estabilidad del sistema financiero. En efecto, la intervención de un prestamista de última instancia limita el precio que las entidades pueden cobrar por proveer liquidez en el mercado interbancario, incluso puede reducir la demanda de recursos líquidos por parte de las entidades en este mercado. Dado a lo anterior, los autores señalan la importancia de este mecanismo de negociación, debido a que la tasa de interés que se forma por la interacción de todos los participantes determina: i) decisiones de composición de portafolio *ex ante*, así como, ii) las estrategias que pueden tomar las entidades ante choques individuales de liquidez.

Aunque los mercados interbancarios, por lo general, distribuyen los excedentes de liquidez entre sus participantes de manera eficiente, la evidencia empírica muestra que en escenarios de crisis los bancos con excedentes tienen ventajas en la negociación sobre los deficitarios, lo que conduce a que estas últimas entidades se enfrenten a dificultades para fondearse. Los trabajos de Freixas *et al.* (2011) y Allen y Gale (2000) muestran que el funcionamiento del mercado interbancario en épocas de crisis está determinado por su estructura y por las asimetrías en la información. Acharya *et al.* (2012), por su parte, sostienen que cuando la distribución de los excesos está altamente sesgada en beneficio de algunas entidades, y las opciones de financiación fuera del interbancario son pocas para los deficitarios, las entidades superavitarias pueden racionar la liquidez a otros bancos con el objetivo de participar en una eventual liquidación.

El mercado interbancario recoge dos tipos de transacciones: aquellas que tienen un colateral y los préstamos directos entre bancos. Las primeras representan una fuente de fondeo de mayor importancia para las entidades en la medida en que la presencia de un colateral puede reducir significativamente los costos de financiación, al igual que mitiga el riesgo crediticio para las contrapartes; adicionalmente, las transacciones en el mercado colateralizado pueden estar relacionadas con estrategias de recomposición de portafolio y no con la demanda de liquidez suscitada por un choque, por lo que normalmente el volumen de

las operaciones es mayor que en el mercado no colateralizado. No obstante, Heider y Hoerova (2009) encuentran que en momentos de crisis las tensiones generadas en el mercado no colateralizado pueden tener efectos sobre el colateralizado, generando altas volatilidades de las tasas de los repos, en particular si hay escasez de títulos que se consideren suficientemente líquidos en el mercado; por lo que el estudio de las interacciones de los agentes en este escenario de negociación es de gran importancia.

Es necesario resaltar que los mecanismos de negociación son distintos en ambos mercados: en el colateralizado puede ser anónima y canalizada en una central de contraparte, mientras que en el segundo los préstamos son directos y las condiciones se pactan caso por caso, lo que hace que en este último la información sobre el riesgo de crédito de la contraparte tenga un papel fundamental. Carlin *et al.* (2007), por ejemplo, señalan que los participantes en el mercado no colateralizado interactúan con pocos agentes y de manera repetida, lo que puede conducirlos a buscar estrategias de cooperación en momentos de alta liquidez en los mercados. En momentos de baja liquidez, dichas estrategias pueden cambiar y las interacciones entre los agentes pueden tener efectos sobre el riesgo de contagio, distintos a los que se observarían en un escenario de negociación anónimo.

Para el caso canadiense, Allen *et al.* (2011) encuentran que durante la crisis financiera más reciente las primas de los *credit default swaps* (CDS) de las entidades participantes en el mercado interbancario no colateralizado en Canadá mostraron incrementos importantes, siendo esto una señal de aumento generalizado en la probabilidad implícita de quiebra de las contrapartes de dicho mercado. Sin embargo, entre el segundo semestre de 2007 y finales de 2008 no se observaron incrementos en las necesidades de liquidez por parte de estas entidades. En efecto, el mercado privilegió a aquellos agentes pequeños y con mejor desempeño crediticio frente a las entidades grandes y con un desempeño clasificado como inferior. En el interbancario no colateralizado las estrategias de las entidades para interactuar con sus contrapartes, al igual que la percepción de confianza existente en este mercado, parecen ser consideraciones más relevantes para analizar/identificar situaciones de estrés en el nivel individual de los participantes, frente al monitoreo de otras variables de seguimiento permanente, como por ejemplo el nivel de los CDS.

Este trabajo se encuentra altamente relacionado con las contribuciones de Bräuning y Fecht (2012), quienes, a su vez, al igual que en el presente trabajo, toman como referentes empíricos y teóricos, entre otros trabajos, lo planteado y discutido en Cocco *et al.* (2009). Los autores señalan que la interacción frecuente entre los agentes del mercado interbancario no colateralizado —es decir, que entre estos se celebren transacciones de manera repetida y periódica—, garantiza el acceso a información privada (que por definición es costosa y pocos agentes tienen la oportunidad de contar con ella), permitiendo hacer una evaluación del riesgo crediticio de la contraparte. Un acreedor le otorgará un costo de financiación más bajo a aquellas contrapartes con las que frecuentemente interactúa si las considera un buen deudor con respecto a las demás entidades del mercado.

Para el caso alemán, mediante un enfoque empírico que cubre el período en el cual tuvo lugar la crisis financiera más reciente en los países desarrollados (*i. e.*: 2007-2008), los autores explican la intensidad de las relaciones entre parejas de los agentes que participan en el mercado interbancario no colateralizado, mediante características específicas medibles haciendo uso de información de balance (tales como tamaño, liquidez, entre otras). Los autores encuentran que la cercanía entre un acreedor y un deudor permite

reducir los problemas de asimetría de información que surgen al momento de determinar la idoneidad de este último, particularmente en situaciones de estrés.

Adicionalmente, los resultados de Bräuning y Fecht (2012) muestran que durante la crisis financiera global más reciente se observó que la naturaleza de las relaciones que forman los participantes del mercado interbancario no colateralizado permite que los acreedores netos identifiquen de mejor manera a aquellas contrapartes con menores niveles de riesgo de crédito y así cobrarles una tasa de interés inferior frente a otras entidades con necesidades de liquidez. A mayor intensidad de la relación entre un acreedor y un deudor, en especial si en el pasado estos se han caracterizado por realizar transacciones frecuentemente, entonces la probabilidad de que este último reciba un crédito por parte del primero será cada vez más alta. De esta forma, los autores muestran que la solidez de las relaciones del interbancario no colateralizado, lo cual depende de su historia y naturaleza, puede afectar la distribución y disponibilidad de los recursos transados. Sin embargo, a su vez, es importante resaltar que la quiebra de una entidad importante en dicho mercado, en especial de un acreedor, puede ser perjudicial para el sistema, pues aquellos deudores con quienes realizaba con frecuencia transacciones, podrían percibir un incremento importante en su costo de fondeo, llevándolos eventualmente a un posible *default*.

Finalmente, es importante hacer un recuento de los aportes que se han hecho en Colombia sobre el mercado interbancario. El documento de Cardozo *et al.* (2012) incluye una descripción detallada del manejo de la liquidez por parte del Banco de la República (banco central de Colombia) y de los mecanismos que tienen las entidades para redistribuir sus excedentes de recursos líquidos. Luego, los autores presentan un modelo donde se analizan los determinantes de la tasa del mercado interbancario no colateralizado y se estudia el papel del banco central como proveedor de liquidez.

González (2013) y González *et al.* (2013), por su parte, analizan el papel de la incertidumbre en la interacción presente en el mercado interbancario y estudian los efectos de otras facilidades de liquidez provistas por el banco central sobre el diferencial entre la tasa de política y la que se forma en el interbancario. Por último, examinan la eficiencia de este mercado a partir de comprobar si la tasa de interés resultante sigue un proceso de Martingala. Por otro lado, González (2013) construye un modelo teórico sobre el mercado interbancario no colateralizado, donde se proponen dos tipos de contratos de financiación (diferenciados por la tasa de interés), los cuales permiten que los participantes revelen su verdadero perfil de riesgo de crédito.

Martínez y León (2014), mediante un enfoque empírico con base en el análisis de redes utilizando econometría espacial, explican el margen de intermediación de las transacciones colateralizadas³ (como *proxy* de interconectividad del mercado interbancario) en función de variables idiosincrásicas de las entidades (apalancamiento financiero, tamaño y monto de recursos ofertados/demandados en el mercado interbancario). El documento realiza aportes en la descripción de los mercados monetarios, utilizando el análisis de redes y en reconocer la importancia de los efectos indirectos de redes en el costo de financiación del mercado interbancario colateralizado para el caso colombiano.

3 Los autores se limitan a analizar únicamente aquellas transacciones cuyo colateral corresponde a títulos de deuda pública (TES).

2. DATOS

En esta sección se describen las bases de datos utilizadas en el documento y se realiza un análisis preliminar de las variables y las observaciones mediante componentes principales. En la primera parte se describen algunas características de la interacción que mantienen los participantes en el MINC utilizando los registros del CUD de 2012. Posteriormente, se analizan otras variables que permiten medir la situación de liquidez y rentabilidad de los participantes del mercado, con el fin de investigar el efecto que tienen sobre las preferencias crediticias de las entidades.

2.1 Transacciones en el MINC

En Colombia las entidades financieras utilizan varios mecanismos para captar o colocar recursos en el corto plazo, entre los que se destacan el Sistema Electrónico de Negociación (SEN) y el mercado electrónico colombiano (MEC), en los que pueden pactar operaciones repo y simultáneas, y los fondos interbancarios no colateralizados.

En este documento se consideran únicamente las transacciones de fondos interbancarios no colateralizados. Este escenario de negociación no es el mecanismo de liquidez más importante para las entidades en términos de monto transado: entre 2012 y 2013 se ubicó entre COP0,38 billones (b) y COP0,5 b, mientras que en el mercado de simultáneas alcanzó valores de COP3 b y COP5,1 b. No obstante, el MINC es de especial interés para los propósitos de este documento, en primer lugar, porque el tipo de negociación que se realiza en este escenario favorece la existencia de relaciones con más información entre acreedores y deudores, dado que son directas (*i. e.*: no son anónimas, pues se conoce la contraparte) y que no existen cupos de crédito; en segundo lugar, porque las operaciones de simultáneas realizadas en el SEN y el MEC pueden estar motivadas por razones de rentabilidad y manejo de portafolio, en lugar de cubrir exclusivamente una necesidad de liquidez, como señalan Cardozo *et al.* (2012). Finalmente, como sostienen Heider y Hoerova (2009), las tensiones generadas en el MINC pueden extenderse con facilidad a mercados con colateral, generando altas volatilidades en la tasa de interés.

Los registros de las transacciones del MINC están contenidos en el CUD, que es el sistema de pagos de alto valor del país, administrado y operado por el Banco de la República. Estos corresponden a los desembolsos que se generan al momento de otorgar un préstamo o hacer la respectiva retrocesión⁴. La base de datos utilizada en este documento contiene información de las transacciones registradas entre el 1.º de diciembre de 2009 y el 31 de diciembre de 2012, en particular, incluye las contrapartes que intervienen en la operación, la fecha y su monto.

El Cuadro 1 presenta el número de entidades y su representatividad promedio en el monto transado en el MINC. Los más numerosos y quienes más transan son los bancos, seguidos por las entidades de segundo piso, las corporaciones financieras, las compañías de financiamiento comercial, los fondos de inversión y las entidades financieras especiales.

4 Siguiendo el *Manual de Operación* del Depósito Central de Valores, la retrocesión es la liquidación de una operación en la cual el deudor retorna al acreedor el monto prestado cumpliendo con las condiciones pactadas; es decir, con intereses y en pesos colombianos.

Cuadro 1
Número de entidades en el MINC

Tipo de entidad	Número de entidades	Participación (porcentaje)
Bancos	24	78,7
Entidades de segundo piso	4	9,7
Corporaciones financieras	5	8,3
Compañías de financiamiento	22	2,3
Comisionistas de bolsa	15	0,9
Sociedades fiduciarias	15	0,1
Fondos de pensiones y cesantías	5	0,0
Otros	8	0,0
Total	98	100,0

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

Se restringe el análisis únicamente a aquellas transacciones en las que ambas contrapartes corresponden a bancos y corporaciones financieras. Lo anterior, debido a que para estas entidades se cuenta con mayor información acerca de la liquidez y rentabilidad con respecto a otros casos⁵. Las transacciones resultantes representan aproximadamente el 85% de los registros del CUD para el mercado interbancario durante el período de análisis.

La base del CUD contiene información de las transacciones efectivas y de algunas retrocesiones, las cuales no están debidamente identificadas. Por lo anterior, se depuró la base, con lo cual se extrajeron las transacciones que, desde varios parámetros, podrían considerarse como una retrocesión de una transacción registrada con anterioridad. Los criterios utilizados fueron: la cercanía temporal de las transacciones, la coincidencia de las contrapartes y el monto de la transacción. Se identificaron, también, posibles pagos parciales o conjuntos de préstamos anteriores entre las contrapartes. Este proceso es necesario e importante para evitar problemas de doble contabilización de la información, teniendo en cuenta que la retrocesión podría tomarse como el desembolso de un crédito, mas no como la liquidación de una operación. De esta forma se utilizarán cerca de 23.400 registros de la base original.

Los participantes del MINC pueden ser acreedores o deudores netos de recursos, según sus preferencias por otorgar o recibir liquidez. Al distinguir la base del CUD, según estos dos tipos de agentes, se encuentra que son diferentes en términos de liquidez, tamaño, riesgo de crédito y rentabilidad. El Cuadro 2 presenta algunas estadísticas de

⁵ En este documento, como medida de liquidez, en particular como *proxy* de riesgo de liquidez de fondeo, se hará uso del IRL. Dicho indicador es calculado por la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) y solo está disponible desde 2009 para bancos y corporaciones financieras, razón por la cual este documento se concentrará en estudiar aquellas entidades pertenecientes a estos dos grupos y que entre 2009 y 2012 hayan participado en el MINC.

estas variables por tipo de entidad. Cabe anotar que las entidades analizadas son quince, que corresponden a trece bancos comerciales y dos compañías de financiamiento.

Cuadro 2
Estadísticas descriptivas (periodicidad semanal)

	Promedio	Desviación estandar	Mediana	Percentil 25	Percentil 75
Mercado interbancario					
Monto transado (miles de millones de pesos)	1.448	536	1.390	1.027	1.815
Número de transacciones	146	27	146	125	170
Acreedores					
Monto prestado (miles de millones de pesos)	1.091,4	426,7	1.051,2	775,1	1.354,2
Monto prestado promedio por operación (miles de millones de pesos)	9,0	0,8	8,6	6,4	11,2
Monto adeudado (miles de millones de pesos)	430,7	283,0	363,8	224,8	584,8
Monto adeudado promedio por operación (miles de millones de pesos)	10,0	1,4	8,5	5,2	13,5
Número de operaciones como deudor	43,2	14,4	43,0	33,0	54,5
Número de operaciones como acreedor	121,1	22,9	122,0	103,5	136,5
IRL sobre activos (porcentaje)	16,9	2,7	16,7	15,0	18,8
ROA (porcentaje)	1,5	1,4	1,0	0,6	2,1
Activos (miles de millones de pesos)	16.130,9	2.327,9	16.432,0	14.443,1	18.121,4
IM (porcentaje)	3,4	0,9	3,8	3,3	4,4
Deudores					
Monto prestado (miles de millones de pesos)	1.017,8	407,9	920,8	702,6	1.294,1
Monto prestado promedio por operación (miles de millones de pesos)	41,1	2,9	40,0	28,4	52,3
Monto adeudado (miles de millones de pesos)	357,0	304,7	256,3	125,0	239,8
Monto adeudado promedio por operación (miles de millones de pesos)	3,5	0,8	2,5	1,2	6,3
Número de operaciones como deudor	102,6	18,9	102,0	88,0	114,0
Número de operaciones como acreedor	24,8	11,8	23,0	16,0	33,0
IRL sobre activos (porcentaje)	23,9	4,4	23,8	21,1	26,4
ROA (porcentaje)	2,5	1,5	0,9	0,8	2,2
Activos (miles de millones de pesos)	17.356,8	4,0	19.219,1	18.592,9	25.215,3
IM (porcentaje)	2,4	3,1	0,7	2,9	3,8

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

Como se puede observar, el promedio semanal del monto transado por bancos y corporaciones financieras en este mercado fue de COP 1,4 b, mientras que el número de transacciones promedio por semana fue de 146. Cuando se comparan las características de las operaciones de los acreedores netos con las de los deudores netos, se observa que para los primeros el monto adeudado en cada operación es mayor; no obstante, el número de operaciones en las que solicitan fondos en el interbancario es significativamente menor que para los deudores netos. Una entidad de este grupo presta en promedio COP 9 mil millones (mm) por operación. Por su parte, se observa que los deudores netos realizan pocas operaciones como acreedores, aunque estas tienen un monto promedio alto (COP 41 mm). En contraste, el monto promedio de las transacciones en las que demandan liquidez es bajo (COP 3,5 mm).

Al analizar las diferencias en indicadores de tamaño, rentabilidad y liquidez, se observa que las entidades que actúan como acreedoras son más pequeñas, menos rentables y menos líquidas que las que demandan recursos. De la misma forma, al comparar el indicador de mora (IM) de ambos grupos se observa que los deudores netos tienen un menor nivel de riesgo de crédito en su cartera. Estos resultados son similares a los obtenidos por Cocco *et al.* (2009), quienes afirman que los bancos más pequeños y menos rentables encuentran más atractivo prestar fondos en el mercado interbancario, dado que sus oportunidades de inversión son más limitadas.

Para medir la liquidez de las entidades se utilizó el indicador de riesgo de liquidez (IRL), el cual se construye como una brecha entre los activos líquidos que posee la entidad y el requerimiento neto de liquidez calculado para un horizonte de siete días⁶. En vista de que los niveles de liquidez de la entidad dependen de su oferta neta en el mercado interbancario, se utiliza un indicador en el que se deduce dicho monto. Finalmente, dado que la brecha de liquidez puede depender del tamaño de la entidad analizada, se hace uso del IRL escalado por activos totales:

$$IRL_{7\text{días}} = \frac{\text{activos líquidos} - \text{requerimiento neto de liquidez} - \text{flujos provenientes del interbancario}}{\text{activos totales}}$$

Como se observa en el Cuadro 2, las entidades que actúan como acreedores netos en el interbancario tienen niveles de liquidez inferiores a los observados en los deudores netos. En promedio, el IRL ajustado para el grupo de acreedores netos es de 16,9%, mientras que para los deudores netos es de 23,9%.

6 Aunque el indicador se calcula también para los horizontes de quince y treinta días, se empleará aquí el de siete días ya que durante todo el periodo analizado se ha mantenido la restricción, por parte de la SFC, de que este indicador sea siempre positivo, pues esto denota una situación idónea de liquidez. En el caso del indicador a treinta días, la regulación solo exige a las entidades mantenerlo en niveles superiores a cero desde diciembre de 2011.

2.2 Preferencias de acreedores y deudores en el mercado interbancario

Uno de los objetivos de esta investigación es calcular indicadores que midan la intensidad de las relaciones de los agentes que participan en el mercado interbancario, las cuales pueden medirse a partir del nivel de liquidez que otorga o recibe cada contraparte. Siguiendo a Cocco *et al.* (2009), en este trabajo se construyen dos indicadores para el caso colombiano: el IPD y el índice de preferencia del acreedor (IPA). Estos indicadores permiten identificar las preferencias que tienen las entidades a la hora de prestar o pedir prestado en el mercado interbancario.

Estos índices se calculan para dos entidades i y j que pueden encontrarse relacionadas o no. El primero de estos índices (IPD) mide la preferencia de la entidad i para solicitar fondos, el cual se construye como la proporción de recursos demandados por esta y que fueron otorgados por la entidad j en el año.

$$IPD_{ij} = \frac{\sum_{m \in I} F_m^{i \leftarrow j}}{\sum_{m \in I} F_m^{i \leftarrow K}}, K = 1, \dots, j, \dots, n$$

Donde K es el conjunto de las entidades que participan en el MINC, $F_m^{i \leftarrow j}$ es el monto que la entidad j presta a i en este mercado y $F_m^{i \leftarrow K}$ es el monto total demandado por i .

Por su parte, el IPA se construye como la proporción de fondos prestados por i en el mercado interbancario, que son destinados a la entidad j . Se define como:

$$IPA_{ij} = \frac{\sum_{m \in I} F_m^{i \rightarrow j}}{\sum_{m \in I} F_m^{i \rightarrow K}}, K = 1, \dots, j, \dots, n$$

donde $F_m^{i \rightarrow j}$ es el monto que la entidad i presta a j en este mercado y $F_m^{i \rightarrow K}$ es el monto total ofertado por i .

Aunque la variación en los indicadores puede deberse no solo a un cambio de preferencias de la entidad, sino a un cambio en las necesidades de liquidez de sus deudores y acreedores, puede observarse cierta persistencia en las proporciones IPD e IPA durante 2012. Lo anterior sugiere que las entidades prefieren recurrir a ciertas contrapartes como acreedoras cuando tienen necesidades de liquidez, en vez de seleccionar aleatoriamente sus fuentes de financiación.

El Cuadro 3 presenta información de cada entidad en relación con su principal deudor y acreedor. Como se aprecia, dos entidades aparecen recurrentemente como las acreedoras más importantes para las demás (6 y 9), mientras que los agentes 10 y 12 son los que demandan la mayor parte de los recursos ofrecidos por sus contrapartes.

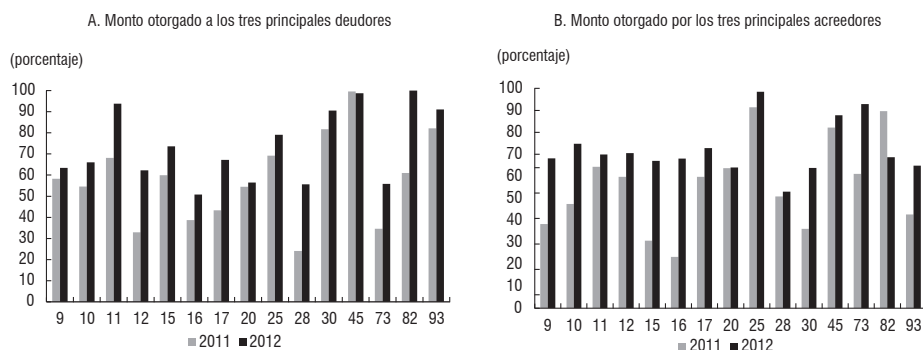
Para examinar la persistencia de las relaciones de las entidades con su principal contraparte, se calculó el número de semanas en 2012 en las que esta fue identificada como principal acreedora o deudora: el principal deudor de una entidad se mantiene en esta posición por 41 semanas en promedio, mientras que el acreedor más importante se

mantiene por 33 semanas en promedio⁷. Esto último obedece, principalmente, a que una de las entidades que participan en el MINC (la 10) tiene una alta demanda de recursos, que es atendida por todas las entidades del mercado, con lo que se convierte en la principal contraparte de la mayoría de las entidades semana tras semana.

Pese a que el principal acreedor se mantiene en esa posición por un número de semanas inferior al del principal deudor, los demás indicadores de la tabla sugieren que hay una mayor persistencia de la principal fuente de fondeo en comparación con el principal deudor. Cuando se analiza la proporción de recursos obtenida mediante el acreedor más importante, se encuentra que esta es mayor en promedio que la entregada al principal deudor. Además, la proporción de recursos que otorgan a una entidad sus tres principales acreedores (65%) es mayor a la proporción de recursos que la entidad dedica a sus tres deudores más importantes (49%).

El Gráfico 1 presenta la proporción de fondos obtenidos mediante los tres principales acreedores y destinados a los tres principales deudores para 2011 y 2012, según la participación de las contrapartes en 2012. Como se observa, en la mayoría de los casos estas entidades también fueron las principales contrapartes en 2011, dado que el monto promedio pedido o prestado fue alto.

Gráfico 1



Fuente: Banco de la República, cálculos de los autores.

Otro aspecto importante que se deriva de la información presentada en el Cuadro 3 es el hecho de que la red conformada por las transacciones del mercado dista de ser completa, es decir, que las entidades no transan frecuentemente con todos los participantes. El número de acreedores que tienen una participación inferior al 1% del monto que adeuda una entidad es en promedio de seis entidades. Esto quiere decir que la entidad se financia recurriendo apenas al 60% de las fuentes disponibles. Lo anterior ocurre de manera similar

7 La entidad 10 es la que aparece en la mayoría de los casos como el principal deudor de las demás. Este agente se mantuvo en esta posición por 45 semanas en promedio.

para el caso de los deudores. En promedio hay seis contrapartes a las que una entidad no les presta recursos⁸.

En el Anexo 1 se muestran los diagramas de red que representan la interacción de los agentes durante algunos días escogidos aleatoriamente entre 2009 y 2012, los cuales fueron contruidos utilizando el índice de centralidad propuesto por Saade (2008). En la red se ubican más cerca del centro aquellas entidades que tienen un menor nivel de sustituibilidad y sirven en mayor medida de puentes entre terceros. Por su parte, las entidades ubicadas en el área gris son entidades que tienen menor poder de negociación en la red actual que en un escenario aleatorio. Esto ocurre, por ejemplo, porque concentran sus operaciones con una única contraparte y, en consecuencia, pueden requerir de intermediarios para obtener liquidez o colocar sus excedentes en el mercado. En los diagramas presentados los nodos corresponden a las entidades y las líneas representan sus transacciones. La intensidad en el color del nodo hace referencia a la oferta neta de la entidad, y tanto el grosor como la intensidad del color de la línea al monto de la transacción.

Como se observa, las redes distan de ser completas, es decir, no se presentan conexiones entre todos los agentes del mercado. Se encuentra, además, que las entidades no recurren a un único acreedor, sino que un grupo de entidades provee el fondeo necesario. En las redes analizadas la entidad 20 actúa recurrentemente como acreedora, mientras que la entidad 28 es deudora. En cuanto al poder de negociación de las entidades, que se expresa como la distancia del nodo en relación con el centro de la red, se aprecia que hay una variación significativa. En algunas ocasiones las entidades pueden aparecer como el agente más central y en otras en la periferia. Hay que tener en cuenta que esto puede deberse no solo a cambios en las preferencias de los agentes en cuanto a sus contrapartes, sino a la necesidad de ofrecer o demandar recursos en el mercado en general.

Por último, el Cuadro 4 presenta los indicadores IPD e IPA para las entidades analizadas que pertenecen a un mismo conglomerado. El panel A presenta el IPA promedio entre 2009 y 2012, y el panel B muestra esta información para el IPD. Como se observa, las entidades mantienen pocas relaciones con los participantes del MINC que pertenecen a su mismo conglomerado, salvo en el caso de la entidad 25 que es un acreedor importante para 20 y 17 y, a su vez, es uno de los deudores principales de dichas entidades. En el panel A se observa que los recursos destinados por la entidad 25, a 20 y a 17 fueron, en promedio, el 44,7% del total; por su parte, en el panel B se aprecia que estas entidades otorgaron el 60,8% de lo demandado por 25.

8 Un análisis preliminar de la base de datos muestra que en algunos casos las transacciones entre las entidades son de carácter esporádico, lo que da origen a una participación en el monto transado muy cercano a cero para algunas contrapartes. Por esta razón se contabilizaron aquellas cuya participación es superior a 1%.

Cuadro 3
Relaciones crediticias de los participantes del mercado interbancario

Entidad	Principal acreedor (monto)	Número de semanas en las que se mantuvo como principal acreedor	Proporción del monto adeudado al principal acreedor (promedio)	Concentración en los tres principales acreedores	Número de acreedores con participación inferior a 1% en el monto adeudado
1	6	28	22,5	69,0	4
2	1	46	49,3	76,5	6
3	2	31	34,1	67,8	4
4	6	22	28,9	70,7	8
5	9	40	24,0	73,4	6
6	11	25	20,4	63,8	4
7	9	52	51,6	78,6	7
8	9	42	37,6	69,8	5
9	1	22	20,5	39,7	9
10	11	41	31,6	57,1	5
11	1	27	20,4	42,2	6
12	2	50	43,5	78,4	8
13	6	32	33,1	94,2	7
14	3	24	17,3	38,8	7
15	2	18	19,7	55,1	7
		33,3	30,3	65,0	6,2

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

Cuadro 4
IPD e IPA de entidades de un mismo conglomerado

A. IPA promedio entre 2009 y 2012						B. IPD promedio entre 2009 y 2012				
Prestamista						Prestamista				
	17	20	25	45		17	20	25	45	
Deudor	17	-	3,5	31,0	2,7	17	-	0,9	1,4	0,1
	20	1,0	-	13,7	0,1	20	4,2	-	10,2	0,5
	25	0,0	0,0	-	0,0	25	32,9	27,9	-	-
	45	0,1	0,1	0	-	45	0,1	0,0	0,1	-

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

3. RELACIONES CREDITICIAS Y SUS DETERMINANTES

Como se mostró en la sección anterior, las relaciones entre los participantes del MINC, lejos de ser aleatorias, presentan cierta persistencia en cuanto a las contrapartes que normalmente

Principal deudor	Número de semanas en las que se mantuvo como principal deudor	Proporción del monto prestado al principal deudor en promedio	Concentración en los tres principales deudores	Número de deudores con participación inferior a 1% en el monto prestado
10	52	48,7	73,2	6
10	52	28,5	67,0	4
10	35	22,2	51,8	6
15	23	15,9	33,3	4
4	36	30,7	47,5	5
10	35	27,3	55,8	2
10	52	58,3	76,7	5
7	29	21,9	52,3	4
7	51	41,1	76,6	5
12	27	17,5	38,2	6
8	46	11,5	20,9	6
15	52	31,6	47,0	12
12	52	9,6	27,7	5
3	37	4,0	6,5	12
12	52	16,1	72,8	8
	42,1	25,7	49,8	6,0

actúan como principales deudoras o acreedoras de una entidad. La interacción de los agentes en el interbancario no es completa y se restringe para la mayoría de entidades al 60% de las posibles contrapartes. En esta sección se identifican las características de las entidades que podrían explicar su decisión de prestar o pedir prestado a determinada contraparte en el interbancario no colateralizado. Para medir la intensidad de las relaciones crediticias se utiliza el índice de preferencia del deudor (IPD) y el índice de preferencia del acreedor (IPA), planteados en la sección anterior. Estos indicadores se explican en función de características de las entidades, haciendo uso de la metodología regresión beta.

Es necesario aclarar que en esta sección no se indaga acerca de los determinantes de la demanda o de la oferta de las entidades en el MINC. Para esto habría que tener en cuenta, en primer lugar, que las entidades cuentan con otros mecanismos para satisfacer sus necesidades de liquidez, y el análisis debería considerar el grado de sustituibilidad entre estos. En cambio, el análisis que se presenta a continuación busca identificar aspectos del deudor y del acreedor que sean relevantes a la hora de explicar el orden de preferencia que revelan las entidades en relación con sus contrapartes.

En esta sección seguimos el enfoque empírico utilizado por Cocco *et al.* (2009) y Heider y Hoerova (2009), quienes proponen como variables explicativas aquellas relacionadas con tamaño, rentabilidad, riesgo de crédito y liquidez de las entidades. La intuición detrás de la inclusión de estas variables en el modelo radica en que la contraparte de los préstamos es identificable en este mercado, y el acreedor puede buscar en variables como el tamaño, la rentabilidad, la liquidez y el riesgo de crédito, información acerca de la posibilidad de que el deudor incumpla con su obligación.

3.1 Metodología

Las especificaciones que se estiman plantean una relación lineal entre el IPD y el IPA en función de un conjunto de indicadores informativos (IFI) de las entidades financieras analizadas con operaciones en el interbancario. Siendo el indicador de interés la variable dependiente, Y_i , el modelo teórico se define como:

$$Y_i = f(IFI) + \eta_i, \forall i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$Y_i = X_i' \beta + \eta_i, \eta_i \sim (0, \sigma^2)_{iid} \quad (2)$$

Donde X_i es una matriz de indicadores cuya dimensión es $(n \times K)$, β es un vector de parámetros desconocidos con dimensión $(K \times 1)$ y η es un vector de perturbaciones aleatorias independientes e idénticamente distribuidas. De manera específica, las ecuaciones por estimar son las siguientes:

$$IPD_{ij} = \beta_0 + \sum_{s=i,j} \beta_1^s \overline{ACT}_s + \beta_2^s \overline{ROA}_s + \beta_3^s \overline{ROE}_s + \beta_4^s \overline{IRL}_s + \beta_5^s \overline{solventia}_s + \beta_6^s \overline{conglomerado}_s + \beta_7^s \theta_{ij} + \eta_{ij} \quad (3)$$

$$IPA_{ij} = \beta_0 + \sum_{s=i,j} \beta_1^s \overline{ACT}_s + \beta_2^s \overline{ROA}_s + \beta_3^s \overline{ROE}_s + \beta_4^s \overline{IRL}_s + \beta_5^s \overline{solventia}_s + \beta_6^s \overline{conglomerado}_s + \beta_7^s \theta_{ij} + \eta_{ij} \quad (4)$$

Los indicadores IPD e IPA están definidos para cada una de las posibles parejas de entidades en el mercado interbancario como la proporción de recursos que reciben de una contraparte o entregan a otra a lo largo de un año. Estas medidas se presentan en función de las características de i , que denota al acreedor, y de j que corresponde al deudor en cada transacción. En el modelo $\overline{ACT}$ es el activo total de la entidad, $\overline{ROA}$ es la rentabilidad sobre el activo, $\overline{IRL}$ es el indicador de riesgo de liquidez, $\overline{solventia}_s$ es la relación de solventia de la entidad y $\overline{conglomerado}$ es una variable *dummy* que toma el valor de 1 cuando ambas contrapartes pertenecen a un mismo grupo financiero.

En este punto es importante reconocer que los indicadores IPA e IPD calculados con mayor periodicidad muestran una volatilidad significativa en el tiempo, en particular para las entidades que participan de manera esporádica en el mercado, ya que en estos casos los indicadores toman el valor de cero la mayoría de las veces y presentan saltos cuando la

entidad demanda u oferta en el mercado. Adicionalmente, el IPD y el IPA reflejan, además de las preferencias de las entidades con respecto a sus contrapartes, las necesidades de liquidez en cada momento del tiempo. En vista de lo anterior, se considera que un análisis sobre los indicadores semanales o mensuales puede ser inadecuado, ya que esta frecuencia de los datos no permite establecer si una entidad es una fuente recurrente de liquidez para otra. En consecuencia, se propone utilizar el IPA y el IPD calculados para una ventana más larga de tiempo (un año). A diferencia de lo realizado por Cocco *et al.* (2009), cuya especificación involucra el uso de series de tiempo (modelo SUR), en este documento las estimaciones corresponden a un corte transversal en el que se utiliza IPD y el IPA anual y el promedio de las variables explicativas entre junio de 2011 y junio de 2012⁹.

El parámetro θ_{ij} es el coeficiente de correlación lineal entre los choques del IRL de la entidad acreedora y el de la entidad deudora. Cocco *et al.* (2009) señalan que cuando la correlación es negativa, los bancos que necesitan recursos líquidos van a fondearse con entidades que posiblemente tengan excedentes de liquidez. Al respecto, Allen y Gale (2000) muestran que cuando los bancos son financiados por entidades con los que la correlación de sus choques de liquidez es baja, el mercado interbancario es menos susceptible al riesgo de contagio.

Vale la pena señalar que una alternativa de estimación del modelo planteado es la de datos de panel, la cual permitiría tener en cuenta la dinámica de los indicadores en el tiempo. En este caso, sin embargo, esta metodología puede resultar inadecuada, dadas las características que posee la base de datos utilizada en este documento. Puesto que la variable se encuentra acotada en el intervalo $[0,1]$, es necesario utilizar un modelo no lineal (*tobit*, *logit* o *probit*). En estos casos se requiere contar con un panel que cuente con un número de períodos T grande, particularmente en relación con el número de individuos del panel. Dado que se considera inadecuado utilizar una frecuencia semanal, el número de períodos de la base es inferior al número de individuos.

Greene (2001) muestra que, cuando T es pequeño, el sesgo de los indicadores es significativo. Incluso, cuando aumenta el número de períodos de seguimiento, el comportamiento asintótico de los estimadores no es consistente. Estimar el modelo Tobit podría ser la opción más natural, pues la variable es continua y acotada a un intervalo. No obstante, no se encuentra disponible un estimador paramétrico para el caso en el que no es posible rechazar la existencia de efectos fijos¹⁰. En el modelo planteado en este documento no es posible suponer que el efecto de las variables no observadas es aleatorio, dado que la muestra se compone de las posibles parejas en las que puede participar cada entidad, de forma tal que algunas de las variables no observables son similares para grupos de observaciones.

El único modelo que admite la presencia de efectos fijos es el *logit*. Sin embargo, de acuerdo con Greene (2000), el estimador *logit* de efectos fijos no reconoce la existencia de variables aleatorias que corresponden a efectos fijos no observables de los individuos, como en un modelo lineal de datos de panel, sino que hace una estimación condicional

9 Se toma este período en vista de que no se cuenta con información de algunas entidades para todo 2012.

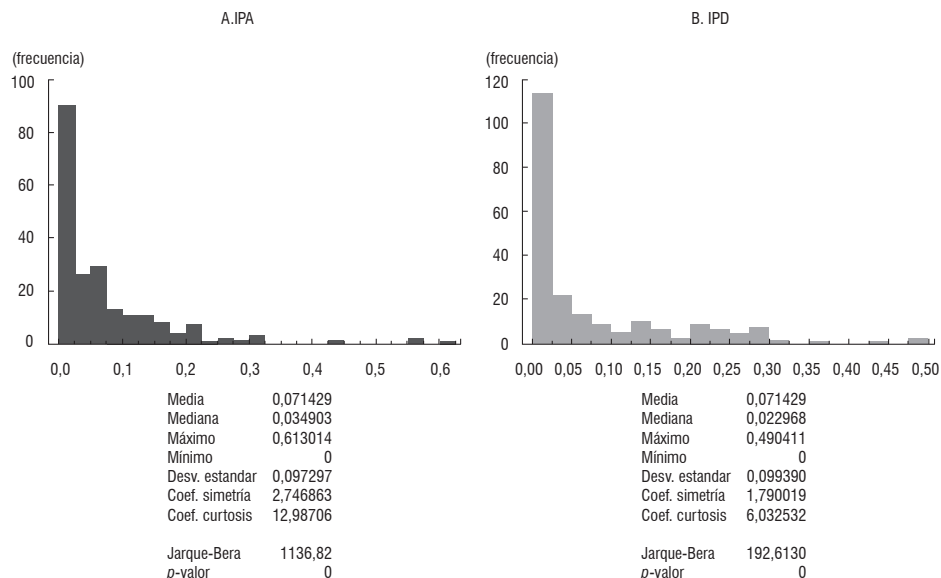
10 El estimador de máxima verosimilitud es sesgado e inconsistente para este modelo. Un avance en esta dirección se encuentra en el documento de Alan *et al.* (2011). Los autores llegan a describir las funciones que darían origen a los parámetros, utilizando el método de momentos; sin embargo, no logran definir expresiones cerradas para los mismos.

al valor de dichas variables. Esto se debe a que, al incluir la función de distribución de estas variables en la función de verosimilitud, se tiene una exigencia computacional que aumenta significativamente según el valor de T . De nuevo, hacer una estimación condicional resulta insatisfactorio para el modelo considerado en el documento.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se opta por la metodología de regresión para el corte transversal construido a partir de los promedios de las variables entre junio de 2011 y el mismo mes de 2012. Es importante notar que en el modelo planteado la variable dependiente se encuentra acotada en el intervalo $[0,1]$, lo cual no permite una estimación como una forma funcional lineal. Adicionalmente, como se muestra en el Gráfico 2, tanto el IPD como el IPA son variables sesgadas y con colas pesadas. De esta forma, esta condición induciría directamente a heteroscedasticidad en los residuales, y en el caso de que se estimara por MCO, se violaría el supuesto de que la variable dependiente no se encuentre acotada en un intervalo de la forma $[a, b]$.

De esta forma, se hace uso de la regresión beta para llevar a cabo las estimaciones de 3 y 4. Siguiendo a Papke y Wooldridge (1996), tal metodología es una alternativa razonable de estimación de modelos lineales en caso de que la variable dependiente sea acotada y su distribución sea asimétrica. En este enfoque se supone que la variable por ser explicada puede ajustarse a una distribución beta, y que se encuentra acotada en el intervalo $(0,1)$. Los aspectos teóricos más relevantes de la regresión beta pueden consultarse en el Anexo 2. En este aparte se presentarán los aspectos más importantes de la distribución beta siguiendo a Ferrari y Cribari-Neto (2004) y Wackerly *et al.* (2002).

Gráfico 2
IPA e IPD con estadísticas descriptivas



Fuente: cálculos de los autores.

Una variable aleatoria se ajusta a una distribución de probabilidad beta con parámetros (α, β) , ambos estrictamente mayores que cero, si y solo si su función de densidad corresponde a:

$$f(y; \alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} y^{\alpha-1} (1-y)^{\beta-1}, 0 < y < 1 \quad (5)$$

donde $\Gamma(\cdot)$ es la función de densidad de la distribución gamma.

Seguendo a Ferrari y Cribari-Neto (2004), con el fin de formular un modelo de regresión que estime la variable de respuesta (que es una proporción) en función de variables exógenas, es indispensable reescribir la expresión en 5. Se define μ como la razón $\alpha/\alpha+\beta$, y denota el parámetro de la media de la distribución beta. Por su parte, el parámetro de la volatilidad o precisión ϕ , como se conoce en la literatura, corresponde a la suma de los parámetros originales (i. e.: $\phi = \alpha + \beta$). En términos de estos parámetros, se puede verificar que:

$$E(y) = \mu \quad (6)$$

$$Var(y) = \frac{\mu(1-\mu)}{1+\phi} \quad (7)$$

De esta forma, se reescribe la función de densidad de una variable aleatoria beta, y , incorporando los nuevos parámetros (μ, ϕ) , como se presenta a continuación:

$$f(y; \mu, \phi) = \frac{\Gamma(\phi)}{\Gamma(\mu\phi)\Gamma(\phi(1-\mu))} y^{\mu\phi-1} (1-y)^{\phi(1-\mu)-1}, 0 < y < 1 \quad (8)$$

En línea con lo planteado por Ferrari y Cribari-Neto (2004) y Wackerly *et al.* (2002), la variable de respuesta, que se supone es aleatoria y beta, se encuentra acotada en $(0,1)$. En este trabajo el IPD y el IPA no cumplen este supuesto, pues pueden tomar el valor de cero o uno. Por ejemplo, en caso de que la entidad i reciba la totalidad de fondos que j otorga en el MINC, el IPD tomará el valor de 1. De manera análoga, si el acreedor i no destina fondos al deudor j , pero sí al resto de entidades del mercado, entonces el IPA entre estos agentes es cero. Teniendo en cuenta lo anterior, y para poder aplicar la metodología

de *regresión beta*, es necesario transformar la variable y en $\tilde{y} = \left[\frac{y(n-1) - \frac{1}{2}}{n} \right]$ donde n es el número de observaciones¹¹.

11 Esta transformación es recomendada por Smithson y Verkuilen (2006).

3.2 Resultados

A continuación se presentan los resultados de las estimaciones de (3) y (4). Cabe mencionar que la variable dependiente se ajusta teóricamente a una distribución beta y, por tanto, los residuos del modelo no cumplen con los supuestos de normalidad y homoscedasticidad. Teniendo en cuenta lo anterior, las pruebas de Jarque-Bera, Breusch-Pagan y el *quantile-quantile plot* se realizaron sobre las perturbaciones ponderadas (y que se definen formalmente en el Anexo 2), siguiendo la metodología propuesta por Espinheira *et al.* (2008). Los resultados de las pruebas de normalidad de los residuales se presentan en el Anexo 3.

El Cuadro 5 presenta los resultados de la regresión para el conjunto de entidades que participan en el interbancario, distinguiendo para el IPD y el IPA. En general, se encuentra que las características del acreedor explican las preferencias de una entidad para fondearse, mientras que las variables del deudor determinan la decisión de otorgar liquidez. No obstante, las variables del deudor pueden ser importantes en el IPD e indicarían una postura de la entidad frente a todos sus acreedores en general. Cocco *et al.* (2009), encuentran, por ejemplo, que las entidades con menores niveles de activos tienden a mostrar relaciones crediticias más fuertes con algunas de sus contrapartes; esto podría deberse a que sus posibilidades de fondeo dependen de la información derivada de su comportamiento de pago, el cual es observable en mayor medida por su acreedor que por otras entidades del mercado. A su vez, variables del acreedor que sean significativas en el caso del IPA indicarían una política de oferta de recursos frente a todos sus intermediarios, la cual podría estar relacionada, por ejemplo, con la disponibilidad para ofrecer recursos en el mercado interbancario.

Se observa que el activo del acreedor tiene un signo negativo y significativo en ambos modelos. Esto indica, en el caso del IPA, que las entidades más grandes prestan una menor proporción del total de recursos demandados por cada una de sus contrapartes. En el caso del IPD el signo negativo sugiere que las entidades tienden a endeudarse con entidades más pequeñas en términos de activos. Lo anterior es coherente con lo observado en la sección de descripción de los datos, donde se encontró que los deudores netos son entidades más grandes. Por el lado del activo del deudor, la variable presenta un signo positivo y es significativa en la especificación del IPD. Esto sugiere que las entidades más grandes muestran mayores valores del indicador en promedio; es decir, que su preferencia por determinados acreedores es más fuerte. Dicho resultado difiere de lo encontrado por Cocco *et al.* (2009), quienes encuentran que las entidades más pequeñas son las que tienen relaciones crediticias más fuertes. Una explicación en el caso colombiano sería que las entidades más grandes puedan estar recibiendo condiciones financieras más favorables por parte de algunas contrapartes en el mercado.

En el caso del IRL se encuentra un efecto positivo y significativo sobre el IPA, mientras que en la especificación del IPD la variable no es significativa. El signo positivo sobre el IPA muestra que las entidades con mayor liquidez son acreedores más importantes para las demás entidades, en la medida en que una mayor proporción de sus fondos demandados son cubiertos por estas. Lo anterior es de esperarse, si se tiene en cuenta que los principales acreedores de la muestra son, a su vez, las entidades con mayores niveles de liquidez.

En la especificación propuesta para el IPA la rentabilidad del acreedor no resulta significativa, mientras que la del deudor sí lo es, mostrando un signo positivo. Esto indica que las entidades prefieren entregar recursos a aquellas más rentables. Por el lado del IPD, el signo del ROA del acreedor es positivo y significativo, mientras que el del ROE es negativo y significativo a la vez. Lo anterior sugiere que existe información acerca de la rentabilidad de la entidad que no es recogida adecuadamente por el ROA. No obstante, por el lado del deudor, tanto el ROA como el ROE presentan un signo negativo y significativo, que indica que las entidades menos rentables tienden a diversificar en mayor medida sus fuentes de fondeo, por lo que el IPD toma en promedio valores más bajos. Esto va en línea con lo encontrado por Cocco *et al.* (2009), quienes encuentran que las entidades menos rentables en el mercado interbancario de los Estados Unidos tienden a recurrir a un mayor número de acreedores.

Con respecto a la relación de solvencia, el efecto es negativo y significativo sobre el IPD y no significativo en el caso del IPA. Esto quiere decir que las entidades con mayores niveles de solvencia tienden a representar una menor proporción de los recursos entregados a una entidad en el MINC; a su vez, esto indica que las entidades menos solventes tienen relaciones crediticias más débiles con sus acreedores (IPD más bajos); en consecuencia, recurren a diferentes intermediarios cuando requieren fondeo. Lo anterior es coherente con lo encontrado en las estadísticas descriptivas, donde se apreciaba que los acreedores netos son menos rentables y solventes que los deudores netos.

La *dummy* que indica si las entidades pertenecen a un conglomerado financiero no es significativa, lo que sugiere que las relaciones existentes entre miembros de un mismo grupo financiero no son más fuertes que las registradas para las demás entidades. Finalmente, el término de correlación de choques del IRL no resulta significativo en el modelo para el IPA, pero tiene un efecto positivo y significativo sobre el IPD; es decir que las entidades no tienen en cuenta la posibilidad de choques simultáneos de liquidez a la hora de prestar recursos, pero sí la contemplan a la hora de seleccionar un acreedor.

Una de las ventajas de la regresión beta es que permite modelar la precisión de la variable dependiente como una función lineal de la media condicional de las variables del modelo (el término de precisión ϕ se relaciona inversamente con la varianza de la variable dependiente). Los resultados del Cuadro 6 muestran que para los acreedores con mayores niveles de activos el término de precisión es más alto; es decir, que la varianza del IPD y del IPA es más pequeña. En otras palabras, los indicadores fluctúan alrededor de valores similares. Lo anterior sugiere que las entidades más grandes tienden a diversificar en mayor medida sus fuentes de fondeo, con lo que las participaciones de cada contraparte en el monto adeudado tienden a ser menos heterogéneas.

La rentabilidad del acreedor medida con el ROA tiene un efecto contrario sobre la precisión del IPD y el IPA, en comparación con lo encontrado para el activo. Es decir que la varianza de los indicadores aumenta conforme lo hace la rentabilidad del acreedor. Esto indica que los valores que toman el IPD y el IPA son más heterogéneos para las entidades más rentables. En otras palabras, esto sugiere que tal tipo de entidades tiende a recurrir a un menor número de fuentes de fondeo y tiende a prestar una mayor proporción de los recursos demandados por algunos de sus deudores.

Cuadro 5
Resultados de regresión beta para IPA e IPD

Modelo para la media	IPA		IPD	
	Coefficiente	Error estándar	Coefficiente	Error estándar
Intercepto	-8,0149	5,9433	-7,7611	5,4668
Oferta neta (acreedor)	0,0031	0,0153	-0,0129	0,0132
Oferta neta (deudor)	-0,0391**	0,0149	0,0079	0,0156
Activos (acreedor)	0,0628	0,1597	-0,2643*	0,1482
Activos (deudor)	0,263781**	0,1225	0,5902***	0,1501
IRL (acreedor)	-0,4272	2,2242	-1,4094	2,0697
IRL (deudor)	1,1894	2,2234	0,3829	2,1979
ROA (acreedor)	4,5365	10,8799	20,9265**	9,7522
ROA (deudor)	1,7634*	10,6764	-16,4725*	9,9420
ROE (acreedor)	0,2149	1,4046	-2,6546*	1,1805
ROE (deudor)	-4,1059	1,2909	-2,4900*	1,3604
Relación de solvencia (acreedor)	0,0564	0,6542	-1,1649**	0,5323
Relación de solvencia (deudor)	0,4509	0,5847	-1,5623***	0,4655
Conglomerado	-0,2498	0,4903	0,1697	0,4611
Correlación de choques de IRL	0,2266	0,4333	0,8620*	0,3926
Modelo para el término de dispersión	IPA		IPD	
	Coefficiente	Error estándar	Coefficiente	Error estándar
Intercepto	-8,9042	7,3789	-9,3585	7,0406
Oferta neta (acreedor)	0,0161	0,0207	0,0184	0,0198
Oferta neta (deudor)	0,0251	0,0198	0,0085	0,0200
Activos (acreedor)	0,44247*	0,2012	0,7546***	0,1938
Activos (deudor)	0,1087	0,2073	-0,2359	0,1949
IRL (acreedor)	17,6835	2,8199	4,1717	2,7434
IRL (deudor)	-0,1731	2,9031	-0,4498	2,8059
ROA (acreedor)	-2,3554*	1,2181	-4,3440***	1,0784
ROA (deudor)	-3,6193**	1,1857	-4,7194	1,2386
ROE (acreedor)	0,2793	1,7482	5,1846**	1,6578
ROE (deudor)	6,9078***	1,7470	3,5698*	1,7670
Relación de solvencia (acreedor)	0,4293	0,7580	2,8023***	0,6909
Relación de solvencia (deudor)	0,6833	0,7298	3,6149***	0,6785
Conglomerado	0,0482	0,5729	-0,2000	0,5197
Correlación de choques de IRL	-1,2352	0,5510	-1,8841***	0,5222
Pseudo <i>R</i> cuadrado	0,1157		0,2941	

Nota: *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$.

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

Por su parte, el ROE del deudor tiene un signo negativo y significativo tanto en la especificación del IPD como en la del IPA. En vista de que la relación del término de precisión y la varianza del IPD y el IPA es inversa, esto indica que las entidades más rentables tienen relaciones crediticias más fuertes (esto implica valores del IPD y del IPA más heterogéneos).

Finalmente, la relación de solvencia presenta un efecto positivo y significativo sobre la precisión del indicador IPD. Esto señala que los valores del IPD son más homogéneos conforme aumenta la relación de solvencia de las partes. En otras palabras, las entidades tienen relaciones crediticias más débiles con sus acreedores conforme su nivel de solvencia aumenta.

4. RIESGO DE CONTAGIO EN EL MERCADO INTERBANCARIO

4.1. Ejercicio teórico

En esta sección se analizan los efectos que tienen las relaciones crediticias sobre el riesgo de contagio en el mercado interbancario, siguiendo el modelo propuesto por Estrada y Morales (2009). Para estos autores este riesgo se define como la posibilidad de que la demanda de liquidez de una entidad no sea satisfecha en el MINC, debido a que los oferentes de estos recursos han sido afectados por choques inesperados. En consecuencia, las entidades con mayor exposición al riesgo de contagio son las que dependen en mayor medida de los recursos provistos por el mercado interbancario para enfrentar sus requerimientos de corto plazo, es decir, aquellas que cuentan con menores activos líquidos para respaldar dichas obligaciones.

El modelo supone que las entidades enfrentan un choque de liquidez idiosincrásico de forma simultánea, el cual podría generar disminuciones en su oferta de recursos líquidos. Esta situación haría, a su vez, que algunos participantes del mercado no logran satisfacer su demanda inicial. Para encontrar la oferta de liquidez insatisfecha se resuelve un problema de optimización lineal en el cual se encuentra la pérdida asociada con la reducción de la oferta original de liquidez de cada entidad, ante la ocurrencia de un choque para cada semana del período de análisis:

$$\min_{ons_{ijt}} \sum_i^N \sum_j^N costo_{ijt} ons_{ijt} \quad (9)$$

$$s. a. ons_{ijt} \leq O_{ijt} \quad \forall i \in N, \forall j \in N, \forall t \in T \quad (10)$$

$$O_{it} = ONS_{it} = \sum_{j=1}^N ons_{ijt}, \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (11)$$

Siendo N el conjunto de entidades analizadas y T el conjunto de períodos analizados, en este caso, las semanas correspondientes entre 2009 y 2012. Por otra parte, para cualquier período t : $costo_{ijt}$ representa el costo que para i tendría una reducción de la oferta por parte de la entidad j ; ons_{ijt} es la oferta de liquidez que la entidad i deja de proveer a la entidad j , y O_{it} es la oferta total de liquidez de la entidad i . Como resultado de la

optimización se obtienen los montos que las entidades dejan de ofrecer a cada una de sus contrapartes. Para mayor detalle sobre cómo se obtiene esta formulación matemática del problema de optimización, al igual que mayor explicación sobre las variables principales y otras que se utilizan en las ecuaciones del modelo, se sugiere consultar el Anexo 4.

La variable $costo_{ijt}$ es aleatoria en el modelo de Estrada y Morales (2009), por lo que la oferta y demanda no satisfechas para cualquier entidad i en el período t (DNS_{it} y ONS_{it} , en su orden) son obtenidas a partir del promedio de mil simulaciones para cada semana. Esto indicaría que las entidades son indiferentes a la hora de reducir su oferta de liquidez a sus contrapartes. Este supuesto podría ser coherente en la medida en que el modelo propuesto por los autores utiliza información del mercado SEN, donde las transacciones se realizan de manera anónima.

El vector de costos en la función objetivo se modela mediante el índice de preferencia del deudor (IPD), esta vez, calculado a partir del número de transacciones¹². Un valor alto de esta variable sugiere una interacción frecuente entre dos entidades, donde quien actúa como acreedor representa una fuente de fondeo importante para el deudor. Esta modificación a la función objetivo de la formulación original parte del supuesto de que, ante un episodio de poca liquidez en el MINC, reducir los recursos hacia los principales acreedores en determinado momento podría comprometer los flujos futuros provenientes de esas contrapartes, lo que se traduciría en un costo mayor por no entregarles fondos en el MINC. De esta forma, el deudor se podría enfrentar a perder una fuente de financiación importante. Por el contrario, un IPD bajo indica que la contraparte no es una fuente de fondeo usual, por lo que la entidad estaría más dispuesta a disminuir su oferta de liquidez. Así las cosas, esta variable contiene información adicional a la variable de decisión en el problema de optimización, y permite medir la dependencia que tienen las entidades con respecto a sus principales acreedores.

Por otra, una de las ventajas de este documento frente al ejercicio estimado por Estrada y Morales (2009) es la posibilidad de medir el riesgo de liquidez de fondeo utilizando el indicador de riesgo de liquidez (IRL), por cuanto esta métrica permite medir con mayor precisión los requerimientos netos de liquidez que enfrenta una entidad financiera en el corto plazo y, por tanto, conocer la situación de liquidez que esta tiene. Sobre el IRL se puede incluir aspectos propios de una situación de poca liquidez en el MINC, permitiendo construir un IRL estresado (IRLE) para cada entidad¹³. Para tal fin, y siguiendo la metodología propuesta por el comité de Basilea (Basel Committee of Banking Supervision, 2010), el choque sobre la liquidez de las entidades, y el cual permite medir el impacto del riesgo de contagio en el MINC, incorpora los siguientes elementos propios de una situación de poca liquidez¹⁴:

12 En secciones anteriores se ha empleado el indicador IPD calculado a partir del monto de las transacciones. En este ejercicio no es posible incluirlo, ya que contiene la misma información que la variable de decisión en el problema de optimización (ONS). Como alternativa se utilizará el indicador calculado a partir del número de transacciones, el cual aporta información similar al calculado a partir del monto, pues el coeficiente de correlación lineal entre estas dos variables es de 67,3%.

13 La fórmula del IRL y consideraciones adicionales sobre cómo se construye el IRLE pueden ser consultados en el Anexo 4.

14 El choque de liquidez utilizado en este ejercicio es similar al expuesto en el *Reporte de Estabilidad Financiera* del Banco de la República de Colombia (Banco de la República, 2012).

- Retiro de una proporción importante de depósitos.
- Pérdida parcial de la capacidad de fondearse con operaciones de mercado y aumento en la volatilidad que afecta la calidad del colateral. Lo anterior se refleja en mayores *haircuts* a los títulos utilizados para respaldar las operaciones,
- Aumento en el flujo de egresos contractuales que puede surgir de una baja en la confianza del público hacia la entidad, mediante una disminución en las renovaciones de CDT.
- Incremento en la materialización del riesgo de crédito. Este evento se incluye en el IRL mediante un aumento en el IM, el cual reduce los ingresos provenientes por pago de la cartera.

El IRLE se construye utilizando las máximas deducciones observadas para la muestra de entidades entre diciembre de 2009 y el mismo mes de 2012, para cada componente, las cuales se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6
Deducciones aplicadas al IRL para representar un choque de liquidez

Tipo de deducción	Deducción aplicada (porcentaje)
Porcentaje de CDT no renovados	57,1
Deducción aplicada a activos líquidos en moneda legal (<i>haircut</i>)	10,6
IM reportado en cada semana	2,0
Retiro de depósitos	15,1

Fuente: cálculos de los autores.

Finalmente, Estrada y Morales (2009) proponen como indicadores de riesgo de contagio, por una parte, el número de entidades que reducen su oferta de liquidez a raíz del choque, es decir, aquellas con oferta no satisfecha (ONS), y por otra, el total de entidades que no pueden cubrir su demanda original de recursos en el MINC y, por ende, se enfrentan a una demanda no satisfecha (DNS)¹⁵.

4.2 Indicadores de riesgo de contagio

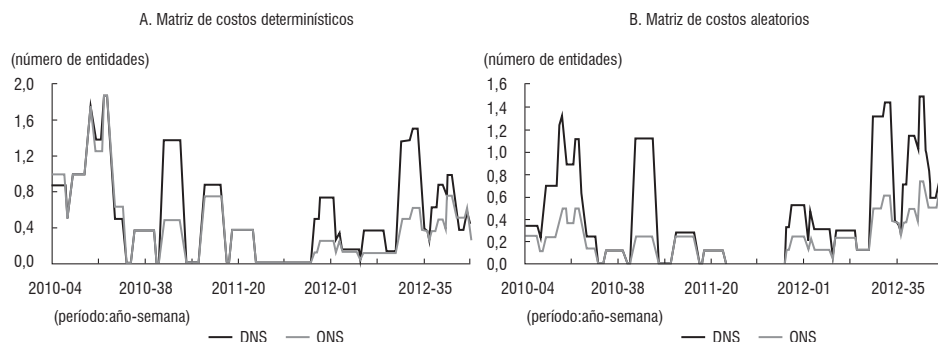
En el Gráfico 3 se presenta el número de entidades que redujeron su oferta de liquidez a raíz del choque y el número de entidades cuya demanda de liquidez fue insatisfecha. En vista de la volatilidad de estos indicadores, se presentan los promedios móviles de ocho semanas. Como se observa, el número de entidades afectadas por el choque en el IRL es reducido, principalmente en el escenario de costos aleatorios, en el cual el número máximo de entidades con ONS es de 0,75, mientras que para aquellas con DNS esta cifra

15 En el Anexo 3 se especifica matemáticamente cómo, luego del proceso de optimización, se calculan estas variables.

se ubica en 1,5. Cabe resaltar que durante el segundo semestre de 2011 el choque de liquidez no tiene un efecto negativo en el conjunto de entidades analizadas, en la medida en que ninguna de estas presenta reducciones en su oferta de liquidez. Sin embargo, durante 2012 se observa que en los dos ejercicios, cuando se utilizan costos aleatorios y determinísticos, el número de entidades con DNS se incrementa significativamente, alcanzando un pico durante el tercer trimestre de 2012.

Gráfico 3

Número de entidades con oferta y demanda no satisfechas de liquidez, promedio móvil de ocho semanas



Fuente: cálculos de los autores.

En ninguno de los dos casos el número de entidades promedio que se ven afectadas por el choque de liquidez es mayor a dos en una semana, al tiempo que el monto observado después del choque (monto estresado) es similar al original durante varias semanas (Anexo 5). Lo anterior obedece a que las tenencias de activos líquidos de las entidades analizadas son suficientes para absorber el choque, sin afectar los flujos que se transan en el interbancario. A la luz de los resultados, es importante resaltar que la introducción del IRL como parte de las herramientas de manejo del riesgo de liquidez obliga a las entidades a contar con un acervo mayor de recursos líquidos que sea suficiente para mitigar los efectos adversos de una situación de estrés.

Al comparar los resultados del ejercicio que supone que las relaciones en el interbancario ocurren de manera aleatoria, con el que tiene en cuenta la estructura observada en el MINC (medida con el IPD), se encuentra que el riesgo de contagio en el segundo caso (es decir, el de costos determinísticos) es mayor. En efecto, el número de entidades con ONS y DNS es más alto y la brecha entre ambos indicadores es más reducida. El supuesto que subyace a la estructura del mercado cuando la matriz de costos del problema de optimización es aleatoria, es que las entidades diversifican sus fuentes de fondeo, mientras que al modelar los costos de reducir la oferta dentro de la función objetivo, utilizando el IPD, se introduce un alto nivel de dependencia hacia algunos acreedores. De acuerdo con lo expuesto por Allen y Gale (2000), esta estructura es más propensa al

riesgo de contagio en condiciones estresadas. Por último, cabe mencionar que los resultados de las entidades con oferta y demanda no satisfechas derivados al modelar el impacto que tiene una situación de baja liquidez en el MINC sobre el riesgo de contagio muestran, asimismo, que durante el período analizado, en promedio, el choque no es lo suficientemente grande, pues la mayoría de las entidades cuentan con una alta capacidad de absorberlo y no transmitirlo.

A continuación se compara la magnitud del choque, en términos de monto, para el sistema y para cada entidad para el período bajo estudio (2009-2010). Los cuadros A5.2, A5.3, A5.4 y A5.5 muestran el monto de la oferta que dejó de distribuirse en el MINC a raíz del choque, y de la demanda no satisfecha de liquidez por entidad y en el agregado para ambos ejercicios. De nuevo, los resultados son consistentes con un mayor riesgo de contagio en el escenario en el que los costos de reducir la oferta se modelan utilizando la estructura observada en el MINC. Los montos totales de ONS y DNS en esta situación son mayores, alcanzando un valor de COP4,5 billones durante todo el período analizado. En contraste, al incluir los costos según lo propuesto por Estrada y Morales (2009), la reducción de la oferta es menor y se ubica en COP3,6 billones. Este resultado confirma que la mayor concentración en determinadas fuentes de fondeo genera una mayor materialización del riesgo de contagio en el primer caso.

A su vez, cuando se analizan los resultados por entidad, se encuentra que un mayor número de entidades reduce su oferta de liquidez en el escenario de no aleatoriedad en los costos de reducir la oferta en el MINC. En particular, las entidades con los niveles más altos de liquidez son las más vulnerables al choque.

Los principales acreedores del MINC y que se identificaron como tal en el análisis descriptivo de los datos no reducen de manera importante su oferta de liquidez. No obstante, el principal deudor del sistema (entidad 10) es la entidad que, en términos de monto, tendría la mayor demanda insatisfecha. Por otra parte, los gráficos 6 a 20 muestran, por entidad, y a lo largo del tiempo, para el lapso analizado, el impacto del choque en la oferta y demanda de recursos líquidos en el MINC (razón entre ONS y oferta original y razón entre DNS y demanda original, en su orden). Los resultados son difíciles de generalizar, y para cada entidad la demanda y la oferta insatisfechas dependen del período y de las condiciones de liquidez que se analicen.

En síntesis, cuando se incorpora la estructura de mercado en el análisis del riesgo de contagio, se encuentra que el sistema es más vulnerable ante un choque simultáneo en la liquidez de los participantes. En consecuencia, los hallazgos de este documento resaltan la importancia de incluir las relaciones crediticias que surgen entre los participantes del interbancario en el análisis de riesgo de contagio, pues permite medir con mayor precisión los efectos de un choque de liquidez inesperado.

5. CONCLUSIONES

En este documento se analizan las relaciones crediticias presentes en el mercado interbancario no colateralizado, sus determinantes y sus posibles efectos sobre el riesgo de contagio en este escenario, utilizando información del CUD entre diciembre de 2009 y al mismo mes de 2012.

Se midieron las preferencias de los participantes en relación con sus principales deudores y acreedores, mediante los indicadores IPD e IPA, sugeridos por Cocco *et al.* (2009). Posteriormente, se analizaron las características de los deudores y acreedores que explican estas relaciones mediante un modelo de regresión beta. Finalmente, para analizar los efectos que tienen las relaciones crediticias entre las entidades sobre el riesgo de contagio, se realizó un ejercicio similar al propuesto por Estrada y Morales (2009), donde se tuvieron en cuenta las interacciones de los participantes en el MINC.

En el análisis descriptivo se incluyeron medidas de rentabilidad, liquidez y tamaño de los participantes, así como indicadores que miden su nivel de preferencia hacia un acreedor o deudor particular. Los resultados muestran que los acreedores netos son entidades de menor tamaño, menos rentables y menos líquidas que los deudores netos. Este resultado es similar al obtenido por Cocco *et al.*, (2009), quienes sugieren que las entidades menos rentables y de menor tamaño tienen posibilidades de inversión más limitadas, por lo que resulta más atractivo colocar sus fondos en el mercado interbancario. En cuanto a los indicadores que miden la preferencia de las entidades para realizar transacciones en el MINC, se observa que los agentes tienen relaciones relativamente estables con sus principales contrapartes y que tienden a concentrar sus operaciones con un número reducido de estas. Lo anterior es consistente con los resultados de los modelos de regresiones beta estimados: menores niveles de rentabilidad del acreedor están asociados con una mayor importancia de este como fuente de fondeo, mientras que las entidades prefieren prestar a aquellas que tienen niveles de liquidez más altos.

Al analizar la concentración de los montos prestados o adeudados en el interbancario por parte de cada entidad, se encontró que las de mayor tamaño tienden a fondearse utilizando un mayor número de acreedores, mientras que las más pequeñas concentran sus requerimientos en un número reducido de contrapartes. De acuerdo con lo señalado por Allen y Gale (2000), esta estructura podría generar una mayor fragilidad para las entidades más pequeñas en caso de que un choque inesperado reduzca la oferta disponible en el interbancario. También, se observó que las entidades con mayor participación de las inversiones en el activo tienden a concentrar sus transacciones con un número reducido de contrapartes.

Finalmente, cuando se analizan los efectos que tienen estas relaciones en la materialización del riesgo de contagio en el MINC, se encuentra que el sistema es más vulnerable ante un choque simultáneo en la liquidez de los participantes, frente a un escenario donde las relaciones entre las entidades se asumen como aleatorias. Los resultados encontrados resaltan la importancia de incluir las relaciones crediticias que surgen entre los participantes del interbancario en el análisis de riesgo de contagio, pues esto permite medir con mayor precisión los efectos de un choque de liquidez inesperado.

Por último, futuros trabajos acerca del riesgo de contagio en el mercado interbancario podrían apuntar a identificar cuáles son las entidades que representan un mayor riesgo para el sistema, dada su importancia relativa como fuentes de fondeo o como deudores. Adicionalmente, los ejercicios que midan la exposición al riesgo de contagio de los participantes del interbancario, y que se desarrollan en este trabajo, deben incorporar una medida de costos de reducir la oferta de liquidez que reconozca la dinámica de las relaciones a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- Acharya, V.; Gromb, D.; Yorulmazer, T. (2012). "Imperfect Competition in the Interbank Market for Liquidity as a Rationale for Central Banking", *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 4, núm. 2, pp. 184-217.
- Alan, S.; Honoré, B.; Hu, L.; Leth-Petersen, S. (2011). "Estimation of Panel Data Regression Models with Two-Sided Censoring or Truncation", working paper series, núm. 08, Federal Reserve Bank of Chicago.
- Allen, F.; Gale, D. (2000). "Financial Contagion", *The Journal of Political Economy*, núm. 108, vol. 1, pp. 1-33.
- Allen, J.; Hortaçsu, A.; Kastl, J. (2001). "Analyzing Default Risk and Liquidity Demand during a Financial Crisis: the Case of Canada", working paper, núm. 17, Bank of Canada.
- Banco de la República (2012). *Reporte de Estabilidad Financiera*, Bogotá, D. C.: Banco de la República, septiembre.
- Basel Committee of Banking Supervision (2010). *Basel III: International Framework for Liquidity Risk Measurement, Standards and Monitoring*, Basilea.
- Bhattacharya, S.; Gale, D. (1987). "Preference Shocks, Liquidity and Central Bank Policy", en *New Approaches to Monetary Economics*, pp. 69-88, Cambridge: Cambridge University Press.
- Bräuning, F.; Fecht, F. (2012). "Relationship Lending in the Interbank Market and the Price of Liquidity", discussion papers series, núm. 12, Deutsche Bundesbank.
- Cardozo, P.; Huertas, C.; Parra, J.; Patiño, L. (2012). "Mercado interbancario colombiano y manejo de liquidez del Banco de la República", Borradores de Economía, núm. 673, Banco de la República.
- Carlin, B.; Sousa-Lobo, M.; Vishwanathan, S. (2007). "Episodic Liquidity Crises: Cooperative and Predatory Trading", *The Journal of Finance*, núm. 62, núm. 5, pp. 2235-2274.
- Cocco, J. F.; Gomes, F. J.; Martins, N. C. (2009). "Lending Relationships in the Interbank Market", *Journal of Financial Intermediation*, núm. 18, vol. 1, pp. 24-48.
- Díaz Monroy, L. G. (2012). *Análisis estadístico de datos multivariados* (segunda edición), Bogotá, D. C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Duntelman, G. (1969). *Principal Component Analysis*, California: SAGE Publications.
- Escofier, B.; Pages, J. (1992). *Análisis factoriales simples y múltiples. Objetivos métodos e interpretación*, Bilbao: Servicio Editorial Universidad del País Vasco.
- Espinheira, P.; Ferrari, S.; Cribari-Neto, F. (2008). "On Beta Regression Residuals", *Journal of Applied Statistics*, núm. 35, vol. 4, pp. 619-632.
- Estrada, D.; Morales, P. (2009). "La estructura del mercado interbancario y del riesgo de contagio en Colombia", *Reporte de Estabilidad Financiera*, Banco de la República, marzo.
- Ferrari, S.; Cribari-Neto, F. (2004). "Beta Regression for Modelling Rates and Proportions", *Journal of Applied Statistics*, núm. 31, núm. 7, pp. 799-815.
- Freixas, X.; Martin, A.; Skeie, D. (2011). "Bank Liquidity, Interbank Markets and Monetary Policy", *The Review of Financial Studies*, núm. 24, vol. 8, pp. 2656-2692.
- Greene, W. (2000). *Econometric Analysis*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.

- Greene, W. (2001). "Estimating Econometric Models with Fixed Effects", working paper, Department of Economics, Stern School of Business.
- González, C. (2013). "Mercados interbancarios no colateralizados e información asimétrica: un mecanismo para lograr la participación plena de los bancos deficitarios cuando existen altos niveles y dispersión del riesgo de contraparte", Borradores de Economía, núm. 758, Banco de la República.
- González, C.; Silva, L.; Vargas, C.; Velasco, A. (2013). "An Exploration on Interbank Markets, and de Operational Framework of Monetary Policy in Colombia", Borradores de Economía, núm. 782, Banco de la República.
- Heider, F.; Hoerova, M. (2009). Interbank Lending, Credit-Risk Premia, and Collateral, *International Journal of Central Banking*, vol. 5, núm. 4, pp. 5-43.
- Hosmer, D. W.; Lemeshow, S.; Sturdivant, R. (eds.; 2000). *Applied Logistic Regression* (segunda edición), Hoboken, New Jersey: John Wiley y Sons, Inc.
- Johnson, R. A.; Wichern, D. W. (1998). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (cuarta edición), New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Judge, G. G.; Hill, R. C.; Griffiths, W. E.; Lütkepohl, H.; Lee, T.-C. (1988). *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics* (segunda edición), Hoboken, New Jersey: Wiley y Sons, Inc.
- Kohler, U.; Luniak, M. (2005). "Data Inspection Using Biplots", *The Stata Journal*, vol. 5, núm. 2, pp. 208-223.
- Ladley, D. (2010). "An Economic Model of Contagion in Interbank Lending Markets", *Discussion Paper in Economics*, vol. 06, núm. 11, pp. 1-42.
- Martínez, C; León, C. (2014). "The Cost of Collateralized Borrowing in the Colombian Money Market: Does Connected Matter?", Borradores de Economía, núm. 803, Banco de la República.
- Papke, L. E.; Wooldridge, J. M. (1996). "Econometric Methods for Fractional Response Variables with an Application to 401(k) Plan Participation Rates", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 11, núm. 6, pp. 619-632.
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*, Madrid, España: McGraw-Hill; Interamericana de España, S. A.
- Rawlings, J.; Pantula, S. G.; Dickey, D. A. (1998). *Applied Regression Analysis: A Research Tool* (segunda edición), New York: Springer-Verlag, Inc.
- Saade-Ospina, A. (2008). "Aproximación cuantitativa a la centralidad de los bancos en el mercado interbancario: enfoque de juegos cooperativos", Temas de Estabilidad Financiera, Banco de la República.
- Smithson, M.; Verkuilen, J. (2006). "A Better Lemon Squeezer? Maximum-Likelihood Regression with Beta-Distributed Dependent Variables", *American Psychological Association*, vol. 11, núm. 1, pp. 54-71.
- Wackerly, D. D.; Mendenhall III, W.; Scheaffer, R. (2002). *Estadística matemática con aplicaciones* (sexta edición), México, D. F.: Thomson Learning S. A.

ANEXO 1
REDES DEL MERCADO INTERBANCARIO NO COLATERALIZADO

Gráfico A1.1
Redes del mercado interbancario no colateralizado

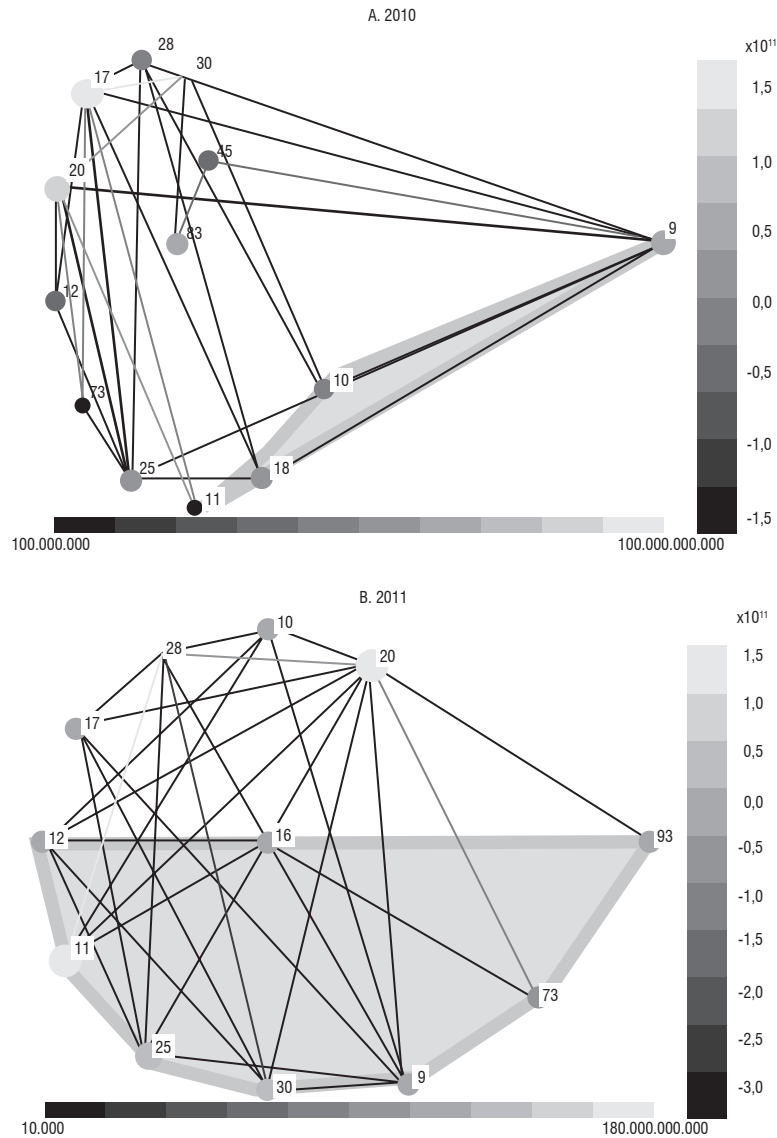
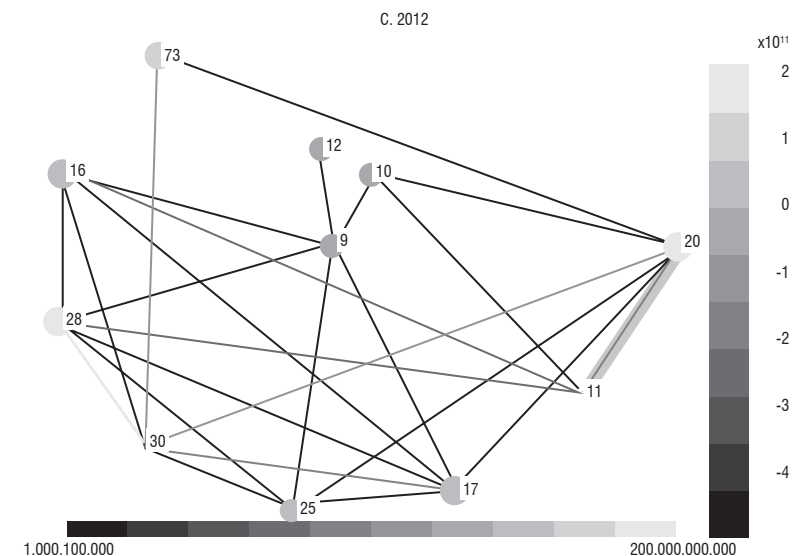


Gráfico A1.1 (continuación)
Redes del mercado interbancario no colateralizado



Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores

ANEXO 2

REGRESIÓN BETA

Sea una variable Y que se encuentra acotada en el intervalo $(0,1)$. Dicha variable se desea explicar mediante una forma funcional lineal, con dos conjuntos de regresores, X y Z . El primero denota los factores del modelo para la media y el segundo las variables del modelo para el término de precisión. La regresión beta es una metodología que podría ser utilizada para realizar la estimación de dicha variable, pues permite modelar formas funcionales donde la variable explicativa es una proporción.

Como se mencionó en la sección 3 del presente documento, una forma de plantear la función de densidad de la distribución beta, siguiendo a Ferrari y Cribari-Neto (2004), corresponde a la expresión en 8. Los parámetros de la distribución, μ y ϕ deben cumplir las siguientes restricciones: $\mu \in (0,1)$ y $\phi > 0$. De esta forma, para un conjunto de observaciones de tamaño n , y_i , se distribuye beta con parámetros μ y ϕ . Lo anterior es equivalente a que $y_i \sim \beta(\mu_i, \phi_i)$; por tanto, el modelo de regresión beta resuelve las siguientes dos formas funcionales:

$$\vartheta_1(\mu_i) = x_i^T \beta \quad (\text{A2.1})$$

$$\vartheta_1(\phi_i) = z_i^T \gamma \quad (\text{A2.2})$$

donde: $\beta^T = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k]$, $\gamma^T = [\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_h]$ $k + h < n$

La estimación de los parámetros del modelo se realiza vía máxima verosimilitud (ML). De manera análoga a los modelos *logit* y *probit*, la variable dependiente debe transformarse haciendo uso de una función de enlace. Para el presente trabajo se emplea la especificación *logit*, de manera que la variable explicativa, $\tilde{y}$, se obtiene como sigue:

$$\tilde{y}_i = \ln\left(\frac{y_i}{1-y_i}\right), i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{A2.3})$$

Este paso permite que la variable dependiente no sea restringida, y que la estimación de la especificación planteada en A2.1 sea lineal —para conocer otras alternativas de funciones de enlace, se sugiere consultar Ferrari y Cribari-Neto (2004)—. Una vez culmina la obtención de los parámetros del modelo, existen diferentes alternativas de indicadores y estadísticas para verificar su ajuste. A continuación se presenta un resumen de las mismas.

En primer lugar, siguiendo a Hosmer y Lemeshow (2000), la idea del estadístico de la suma de cuadrados de la regresión (SSR, por su sigla en inglés) del modelo lineal puede ser llevada y aplicada a los modelos no lineales, tales como los estimados por ML. En efecto, la desviación, D , es un estadístico ampliamente utilizado para evaluar el buen ajuste y la pertinencia de las variables exógenas en el modelo, y tiene como fin comparar el modelo teórico (o aquel que alcanzaría la máxima verosimilitud) y el modelo bajo investigación. Su interpretación es la misma a la que se obtiene del estadístico SSR. De manera conceptual, D se define como:

$$D = -2\ln\left[\frac{\text{verosimilitud del modelo ajustado o bajo investigación}}{\text{verosimilitud del modelo teórico}}\right] \quad (\text{A2.4})$$

Siguiendo a Ferrari y Cribari-Neto (2004), es posible verificar que, en el caso de la regresión beta, el término para la desviación se plantea como sigue,

$$D(y; \mu, \phi) = \sum_{i=2}^n 2[l_i(\tilde{\mu}_i, \phi) - l_i(\hat{\mu}_i, \phi)] \quad (\text{A2.5})$$

donde la función de *log*-verosimilitud obtenida a partir de la muestra de n observaciones independientes es:

$$l(\beta, \phi) = \sum_{i=1}^n l_i(\mu_i, \phi) \quad (\text{A2.6})$$

donde:

$$l_i(\mu_i, \phi) = \ln\Gamma(\phi) - \ln\Gamma(\mu_i\phi) - \ln\Gamma[(1-\mu_i)\phi] + \ln y_i(\mu_i\phi - 1) + [(1-\mu_i)\phi - 1] \ln(1-y_i) \quad (\text{A2.7})$$

En caso de que los parámetros del modelo sean estimados por máxima verosimilitud, se puede demostrar que la desviación del modelo estimado corresponde a:

$$D(y; \hat{\mu}, \hat{\phi}) = \sum_{i=1}^n (r_i^2)^2 \quad (\text{A2.8})$$

donde:

$$r_i^d = \text{sgn}(y_i - \hat{\mu}_i) \left\{ 2 \left[l_i(\hat{\mu}_i, \hat{\phi}) - l_i(\hat{\mu}_i, \hat{\phi}) \right] \right\} \quad (\text{A2.9})$$

Como mencionan Ferrari y Cribari-Neto (2004), r_i^d puede interpretarse como un residuo del modelo y, por tanto, la i -ésima observación contribuye a una cantidad equivalente a $(r_i^d)^2$ a la desviación del modelo, de manera que una observación con alto nivel de r_i^d puede entenderse como atípica.

Por otra parte, de manera análoga al coeficiente de correlación múltiple en el modelo de MCO, en la regresión beta existe el pseudo R^2 , que tiene como fin cuantificar la proporción de la variabilidad de los datos que explican las variables exógenas de un modelo estimado. Siguiendo a Hosmer y Lemeshow (2000), si l_0 y l_p denotan las funciones de log-verosimilitud de los modelos con intercepto e intercepto más variables exógenas, respectivamente, entonces el pseudo R^2 se define como:

$$R^2 = \frac{l_0 - l_p}{l_0} = 1 - \frac{l_p}{l_0} \quad (\text{A2.10})$$

Por último, el análisis de residuos es *ex post* a la estimación del modelo y es un proceso que permite detectar problemas de especificación o de estructura en las variables (Rawlings *et al.*, 1998). Su gran utilidad también radica en que permite detectar observaciones influenciadas (pues afectan las estimaciones de los parámetros) o atípicas (ya que residuos con varianza significativamente alta corresponden a observaciones inusuales que no siguen el patrón general de las restantes). Un residuo que puede servir para tal fin es el planteado en la ecuación A2.6, no obstante, Espinheira *et al.* (2008) advierten que a medida que $\phi \rightarrow \infty$, esta aproximación para calcular un residuo podría ser imprecisa, en particular cuando μ_i es cercano a cero o a uno. Teniendo en cuenta lo anterior, para este trabajo se calcularon los residuales ponderados estandarizados 2 (RPE2, por su sigla en inglés), r_i^{ww} , propuestos por estos autores y que se definen como:

$$r_i^{ww} = \frac{\tilde{y}_i - \hat{\mu}_i^*}{\sqrt{v_i(1 - h_{ii})}} \quad (\text{A2.11})$$

donde: $\hat{\mu}_i^*$ es el estimador de máxima verosimilitud de la variable de respuesta, teniendo en cuenta que $\hat{\mu}_i^* = \Psi(\mu_i \phi) - \Psi((1 - \mu_i) \phi)$ y que $\psi\{\cdot\}$ corresponde a la distribución digamma.

Teóricamente, Espinheira *et al.* (2008) muestran que:

$$\text{Var}(y_i) = v_i = \psi'(\mu_i \phi) - \psi'((1 - \mu_i) \phi)$$

h_{ii} corresponde al elemento diagonal i de la matriz de proyección P .

El supuesto que subyace a la distribución de los residuos es que estos se ajustan a una distribución normal, es decir $r^{ww} \sim N(0, I\sigma^2)$, siendo I la matriz de identidad con dimensión $n \times n$.

ANEXO 3

PRUEBAS SOBRE LOS RESIDUALES DE LOS MODELOS DE REGRESIÓN BETA

Como se puede observar en el Cuadro A3.1, las perturbaciones cumplen con los supuestos de normalidad y varianza constante, pues la probabilidad de rechazar incorrectamente la hipótesis nula (p -valor) de las pruebas de *Jarque-Bera* y *Breusch-Pagan* es significativamente mayor al nivel de confianza considerado (5%). Adicionalmente, al comparar la distribución empírica de las perturbaciones con la teórica para una distribución normal estándar, al utilizar el *Quantile-Quantile plot*, lo cual se puede concluir que los residuos de las estimaciones son normales (Gráfico 3).

Cuadro A3.1

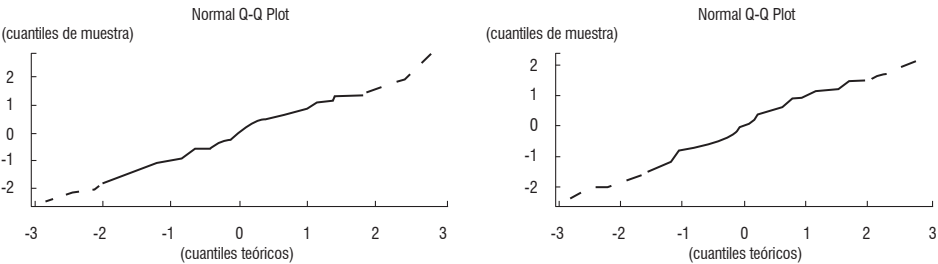
Pruebas de ajuste sobre las perturbaciones estimadas de los modelos (3) y (4)

Nombre prueba	Estadístico	P -valor	Estadístico	P -valor
Jarque-Bera (normalidad)	44.187	0,1098	18.187	0,4028
Breusch-Pagan (homoscedasticidad)	0,5448	0,9036	0,05224	0,9998

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A3.1

Q-Q Plot de los residuos estimados para los modelos en (3) y (4) y para la distribución normal



Fuente: cálculos de los autores.

ANEXO 4

FORMULACIÓN DEL MODELO DE RIEGO DE CONTAGIO

En este anexo se describen los apartes teóricos más relevantes del modelo de optimización que se emplea para medir el impacto del riesgo de contagio en el MINC. La formulación matemática, junto con las diferentes consideraciones teóricas que se presentan a continuación, se basan principalmente en el planteamiento de Estrada y Morales (2009).

La estructura del MINC, para las entidades analizadas en este documento, se modela mediante una red donde los nodos representan a las entidades y los arcos a las operaciones financieras (préstamos) que estas realizan. Como se mencionó, la fuente de información

de las transacciones que realizaron los agentes estudiados entre 2009 y 2012 corresponde a los registros del CUD. Se plantea un problema de minimización de costos donde se calculan los recursos que las entidades analizadas del MINC dejarían de ofrecer ante la ocurrencia de un choque (episodio de estrés) que afectaría simultáneamente a todos los participantes.

Supóngase que N entidades financieras participan en un mercado donde todas pueden o no interactuar entre sí. Sin pérdida de generalidad, en este documento dicho mercado corresponde al MINC, donde su estructura se puede modelar mediante una red (como ya se mencionó). Cada entidad corresponde a un nodo y cada arco a la interacción que dos nodos, llámese i y j , tienen. La naturaleza de esta relación es financiera y el flujo que se transporta entre dos nodos equivale al monto de la transacción que las dos entidades realizan.

Como uno de los parámetros del problema de optimización se define una matriz O de cardinalidad $|N \times N|$:

$$O = \begin{bmatrix} 0 & O_{12} \dots & O_{1N} \\ O_{21} & 0 \dots & O_{2N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ O_{N1} & O_{N2} \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (A4.1)$$

Dicha matriz contiene los flujos o el valor de todas las transacciones que pueden ocurrir entre dos entidades. La diagonal es cero, pues una entidad no puede fondearse/otorgar recursos a sí misma. Sin embargo, los elementos fuera de la diagonal no necesariamente deben ser distintos de cero, pues si dos entidades no se relacionan, entonces el elemento O_{ij} correspondiente es cero.

Para cada fila de la matriz O la suma de los elementos corresponde a la oferta total de recursos líquidos de la entidad $i(OL_i)$, mientras que para cada columna, la suma de los elementos corresponde a la demanda total por liquidez de la misma entidad (*i. e.*: DL_i). Estas dos variables, junto con el $IRL_{7 \text{ días}}$, permiten conocer el nivel de liquidez que presenta la entidad, cuando se encuentra transando en el MINC y en ausencia de choques. Siguiendo a Estrada y Morales (2009), la liquidez de cada participante de dicho mercado para un período $t(L_{it})$ se calcula como sigue:

$$L_{it} = IRL_{7 \text{ días}, it} + DL_{it} - OL_{it} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (A4.2)$$

Siendo T el conjunto de períodos en los cuales se están analizando los resultados, es decir, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$. Cabe recordar que el $IRL_{7 \text{ días}}$ no incluye los flujos provenientes del mercado interbancario. Adicionalmente, esta variable se utiliza como *proxy* del riesgo de liquidez de fondeo de las entidades, es decir, mide la dificultad, en términos relativos, que estas pueden enfrentar para responder con sus obligaciones financieras de corto plazo en distintos horizontes de tiempo. El indicador para la entidad i , en un determinado período t , $IRL_{7 \text{ días}, it}$, se construye como sigue:

$$IRL_{7 \text{ días}, it} = \text{activos líquidos}_{it} - \text{requerimiento neto de liquidez}_{7 \text{ días}it} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (A4.3)$$

El indicador es una brecha de liquidez donde a los activos líquidos se le sustrae la suma de obligaciones y pasivos de corto plazo de la entidad (requerimiento neto de liquidez). Su lectura debe hacerse como sigue: un valor negativo implica riesgo alto, mientras que mayores niveles del $IRL_{7 \text{ días}, it}$ se asocian con una mejor situación de liquidez, para los siguientes siete días, de la entidad analizada.

Por otra parte, y como se explica en la sección cuatro de este documento, las entidades enfrentan un choque idiosincrásico, cuya aplicación es simultánea. Este choque consiste en aplicar una situación de estrés sobre el indicador de liquidez ($IRL_{7 \text{ días}}$) en el cual, para cada entidad, se incorporan varios elementos propios de una situación de baja liquidez en el mercado. Para una entidad i , en un instante de tiempo t , el indicador de liquidez estresado se define como $\varepsilon IRL_{7 \text{ días}, it}$.

El uso de este indicador estresado tiene como fin conocer qué tanto las fuentes de fondeo reducen su disponibilidad de recursos afectando a aquellas entidades que podrían depender de manera importante del MINC para conseguir sus faltantes de liquidez. Siguiendo a Estrada y Morales (2009), cuando una entidad no cuenta con un acervo de recursos suficiente para absorber un choque de liquidez, deberá restringir su oferta y disminuir la liquidez que entrega a sus contrapartes. Como el choque se aplica simultáneamente a todas las entidades, se espera que algunas enfrenten demanda por liquidez insatisfecha, pues ante ausencia de episodios de estrés podrían haber recibido una liquidez mayor por parte de sus contrapartes.

De esta forma, ante un episodio de baja liquidez en el mercado; es decir, ante la ocurrencia de un choque de liquidez, la ecuación (39) para cualquier entidad i se reescribe como sigue:

$$L_{it} = IRL_{7 \text{ días}, it} + DL_{it} - OS_{it} - \varepsilon IRL_{7 \text{ días}, it} - DNS_{it} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (\text{A4.4})$$

Donde DNS_{it} se define como la demanda no satisfecha de la entidad i en el período t ; es decir, los recursos que la entidad deja de percibir como consecuencia del choque. Esta es una medida agregada, pues contempla todas las interacciones que tiene con los demás agentes; por tanto:

$$DNS_{it} = \sum_{j=1}^N ons_{jit} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (\text{A4.5})$$

Siendo ons_{jit} los recursos que j deja de ofrecer a i a raíz del choque en t . A su vez, el monto total de recursos que la entidad i deja de transmitir a sus demás contrapartes, generando en aquellas ofertas no satisfechas (denominadas como ONS_{it}), se define como:

$$ONS_{it} = \sum_{j=1}^N ons_{ij} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (\text{A4.6})$$

Por otro lado, la oferta satisfecha de liquidez para la entidad i , OS_i (Estrada y Morales, 2009) es la oferta disponible de la entidad después del choque; en otras palabras, corresponde a la diferencia entre la oferta de recursos líquidos antes del choque y el monto total que dejó de entregar a sus contrapartes luego de este:

$$OS_{it} = OL_{it} - ONS_{it} \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (\text{A4.7})$$

El algoritmo propuesto por Estrada y Morales (2009) evalúa la transmisión del choque en k etapas y se detiene cuando no existan más nodos transmisores de liquidez. Dicha condición de realizar el choque en varias etapas se aplicó a los datos utilizados en este documento para la corrida del modelo de riesgo de contagio, finalizando este, luego de una etapa.

Por último, el problema de optimización que se resuelve es el planteado en las ecuaciones (9), (10) y (11). Es un problema lineal donde se minimiza la liquidez que el sistema deja de ofrecer a raíz del choque. El vector de costos, en la función objetivo (ecuación (9)), para una pareja de entidades (i, j) , se representa mediante el índice de preferencias del deudor (IPD_{ij}), pues este indicador muestra la importancia de la fuente de fondeo que j es para i . Valores altos de esta variable sugieren una dependencia importante de los recursos que recibe i por parte de j y, por tanto, una situación adversa que obligue a la segunda a restringir de manera importante su liquidez a la primera puede llevar a esta última a enfrentarse a un escenario incierto donde buscar una fuente de financiamiento alternativa sea muy costoso o difícil de conseguir.

ANEXO 5

RESULTADOS: EJERCICIO DE RIESGO DE CONTAGIO

Gráfico A5.1

Monto transado en el MINC vs. monto después del choque de liquidez: estructura de mercado aleatoria

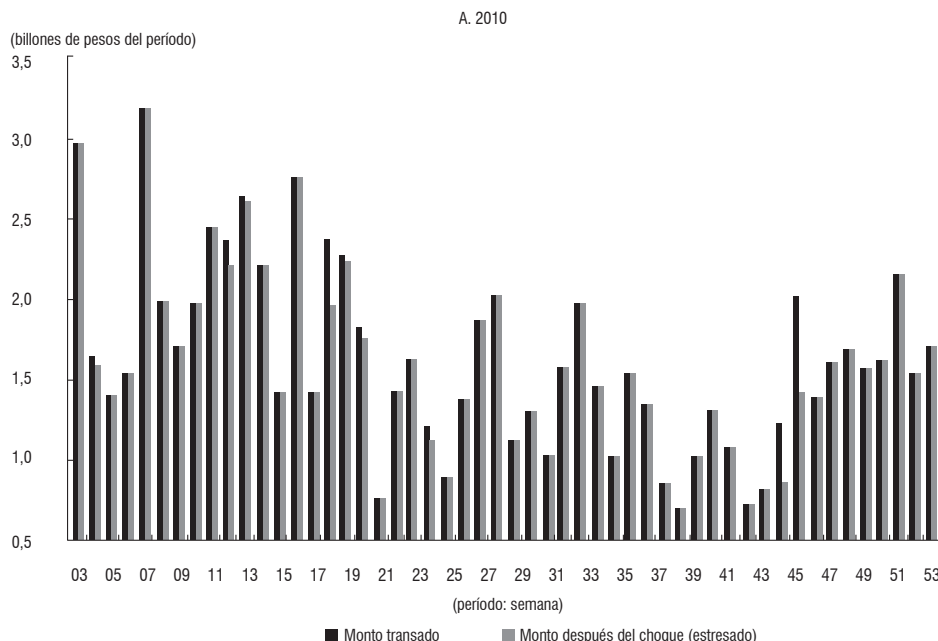
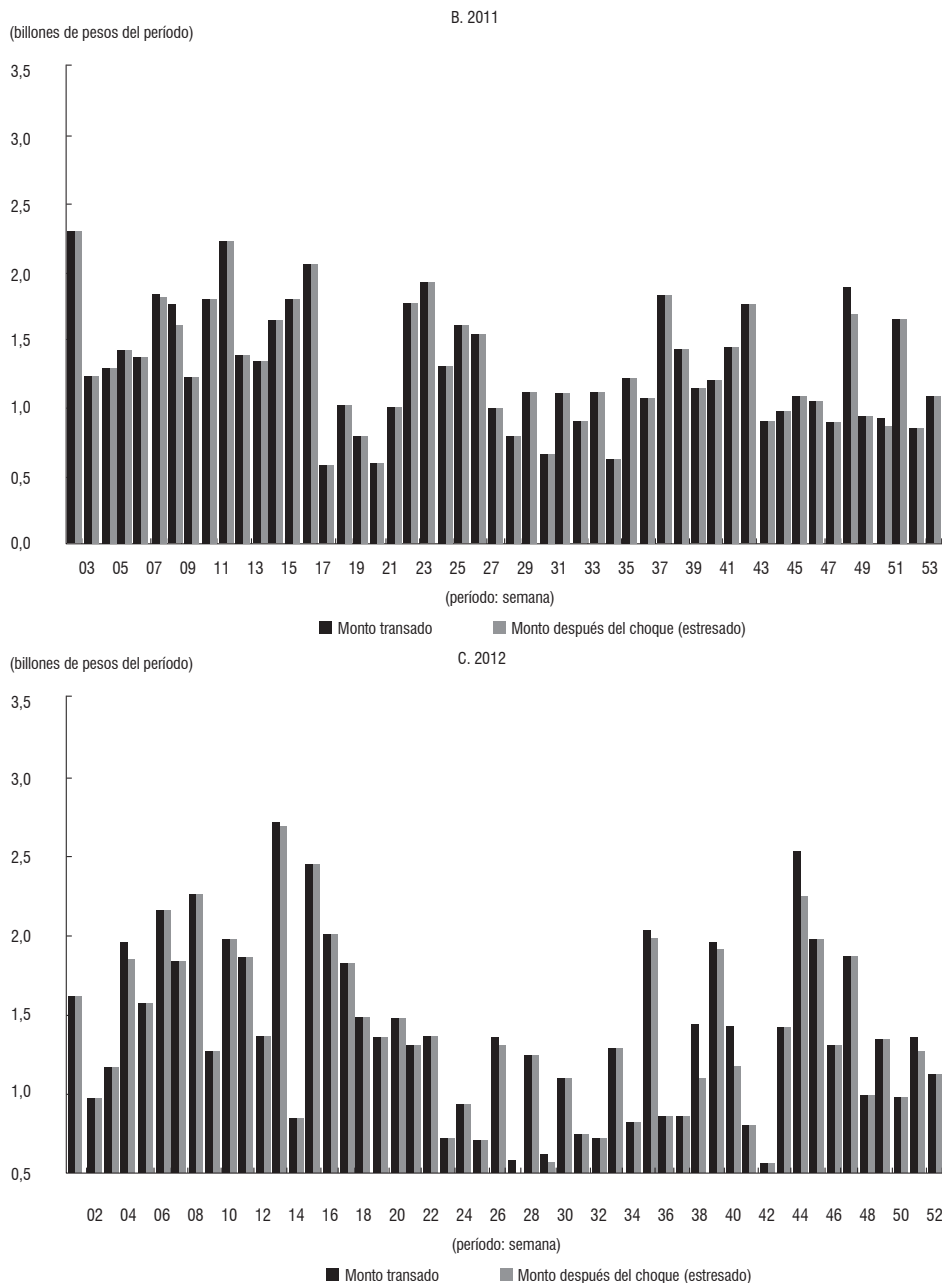


Gráfico A5.1 (continuación)



Fuente: cálculo de los autores.

Gráfico A5.2

Monto transado en el MINC vs. monto después del choque de liquidez: estructura de mercado observada

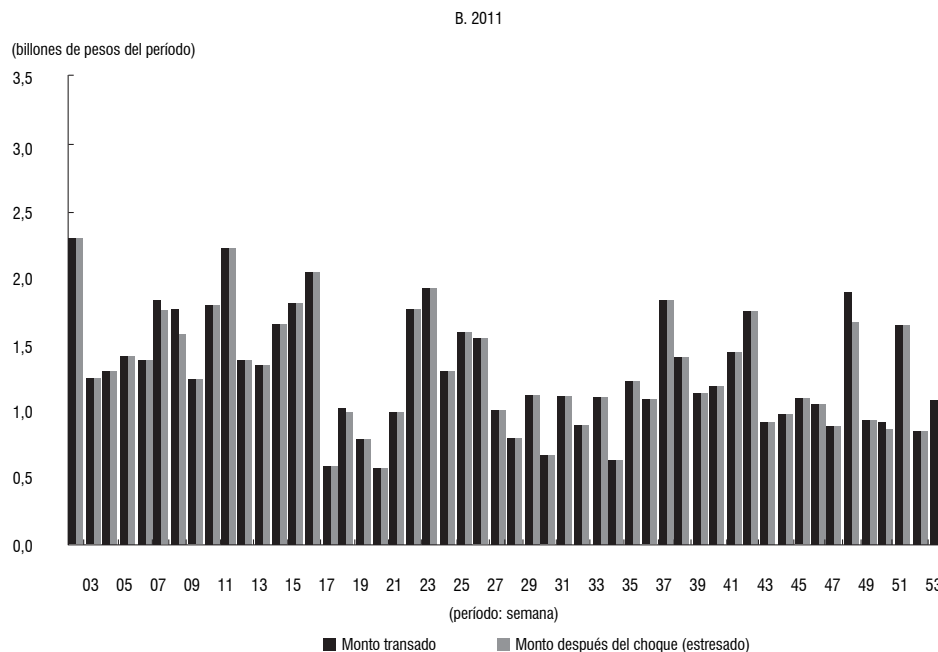
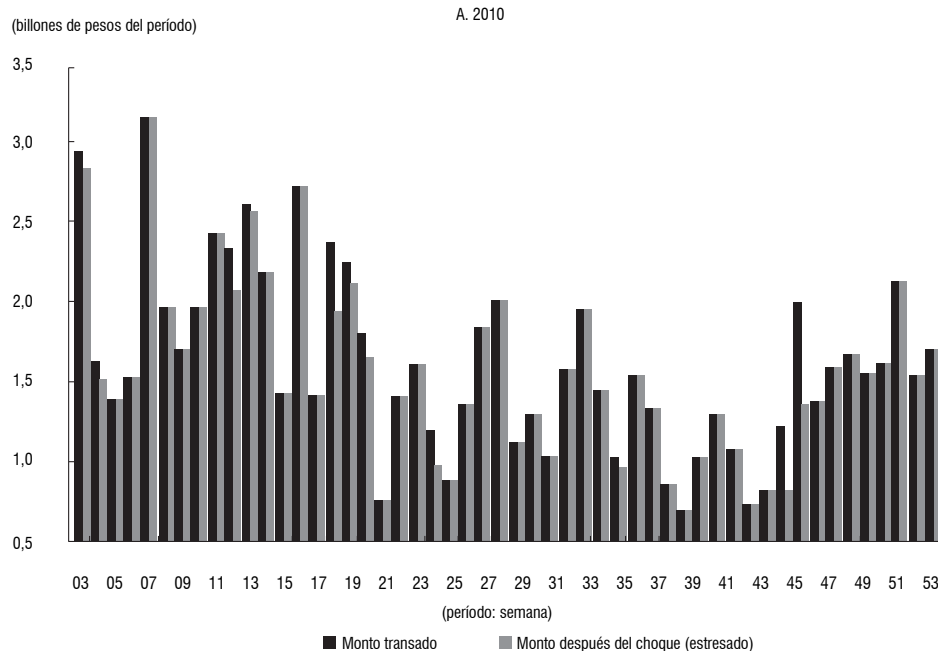
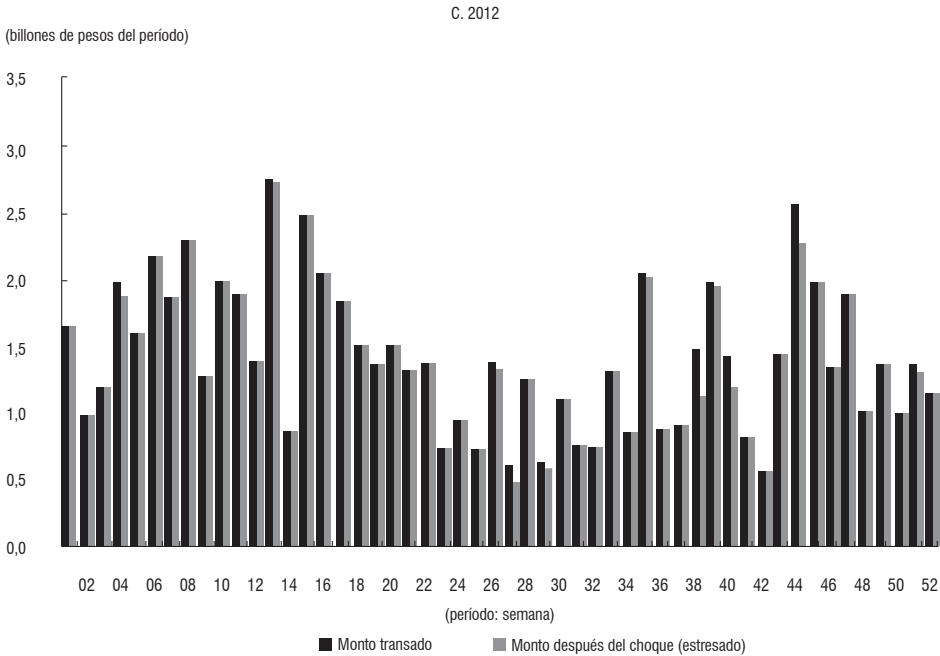


Gráfico A5.2 (continuación)



Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A5.1
Resultado del choque por entidad (impacto en la oferta de liquidez-matriz de costos determinísticos para el periodo 2009-2012)

Código entidad	Monto ONS (mm de pesos)	ONS/oferta original
13	1751,61	18,5
14	229,26	5,7
15	282,77	4,1
2	683,91	2,1
8	634,69	1,9
4	72,23	1,7
3	210,02	1,5
7	215,00	1,4
1	172,63	1,2
5	14,30	0,9

Cuadro A5.1 (continuación)

Resultado del choque por entidad (impacto en la oferta de liquidez-matriz de costos determinísticos para el período 2009-2012)

Código entidad	Monto ONS (mm de pesos)	ONS/oferta original
11	190,03	0,8
12	10,93	0,4
6	0,50	0,0
10	0,02	0,0
Total	\$ 4.467,9	

Nota: cifras aproximadas a un decimal.

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A5.2

Resultado del choque por entidad (impacto en la demanda de liquidez-matriz de costos determinísticos para el período 2009-2012)

Código entidad	Monto DNS (mm de pesos)	DNS/demanda original
5	\$ 668,2	39,9
10	\$ 932,4	19,3
13	\$ 236,7	8,9
4	\$ 244,1	7,3
7	\$ 475,4	6,4
3	\$ 250,8	3,5
11	\$ 833,5	3,0
2	\$ 153,4	2,9
14	\$ 48,7	2,8
6	\$ 277,8	2,4
12	\$ 180,2	1,2
8	\$ 53,4	0,8
1	\$ 112,7	0,8
9	\$ 0,7	0,0
Total	\$ 4.467,9	

Nota: cifras aproximadas a un decimal.

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A5.3

Resultado del choque por entidad (impacto en la oferta de liquidez-matriz de costos aleatorios para el período 2009-2012)

Código entidad	Monto ONS (mm de pesos)	ONS/oferta original
13	1.739,1	18,4
14	169,3	4,2
15	258,1	3,7
2	623,9	1,9
8	634,7	1,9
11	165,0	0,7
5	7,3	0,5
Total	3.597,4	

Nota: cifras aproximadas a un decimal.

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A5.4

Resultado del choque por entidad (impacto en la demanda de liquidez-matriz de costos aleatorios para el período 2009-2012)

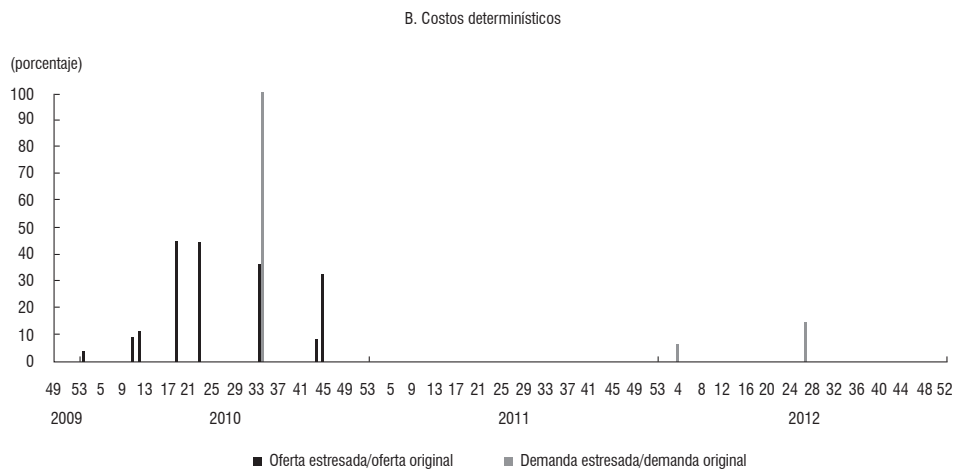
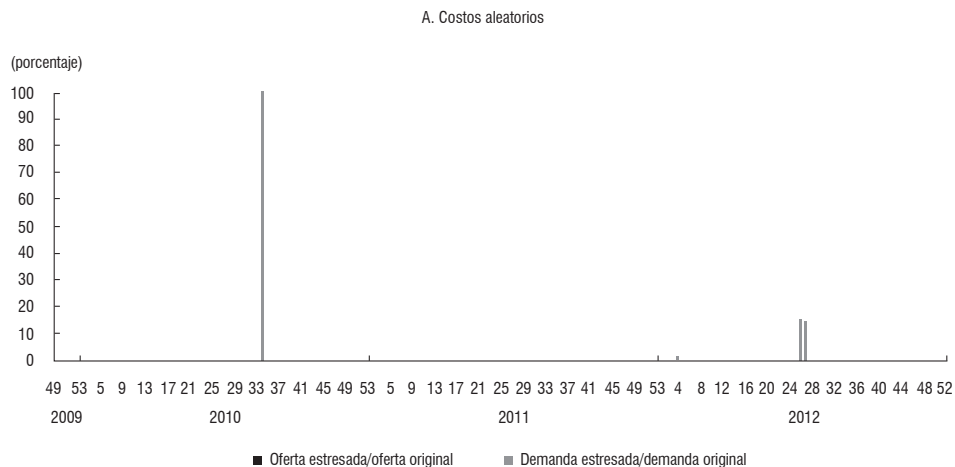
Código entidad	Monto DNS (mm de pesos)	DNS/demanda original
10	638,3	13,2
5	136,3	8,1
3	450,9	6,3
4	168,6	5,0
7	349,9	4,7
11	870,7	3,1
6	333,6	2,9
14	38,0	2,2
12	311,6	2,0
2	103,2	2,0
8	89,3	1,4
15	46,4	1,2
13	21,9	0,8
1	38,8	0,3
Total	3.597,4	

Nota: cifras aproximadas a un decimal.

Fuente: cálculos de los autores.

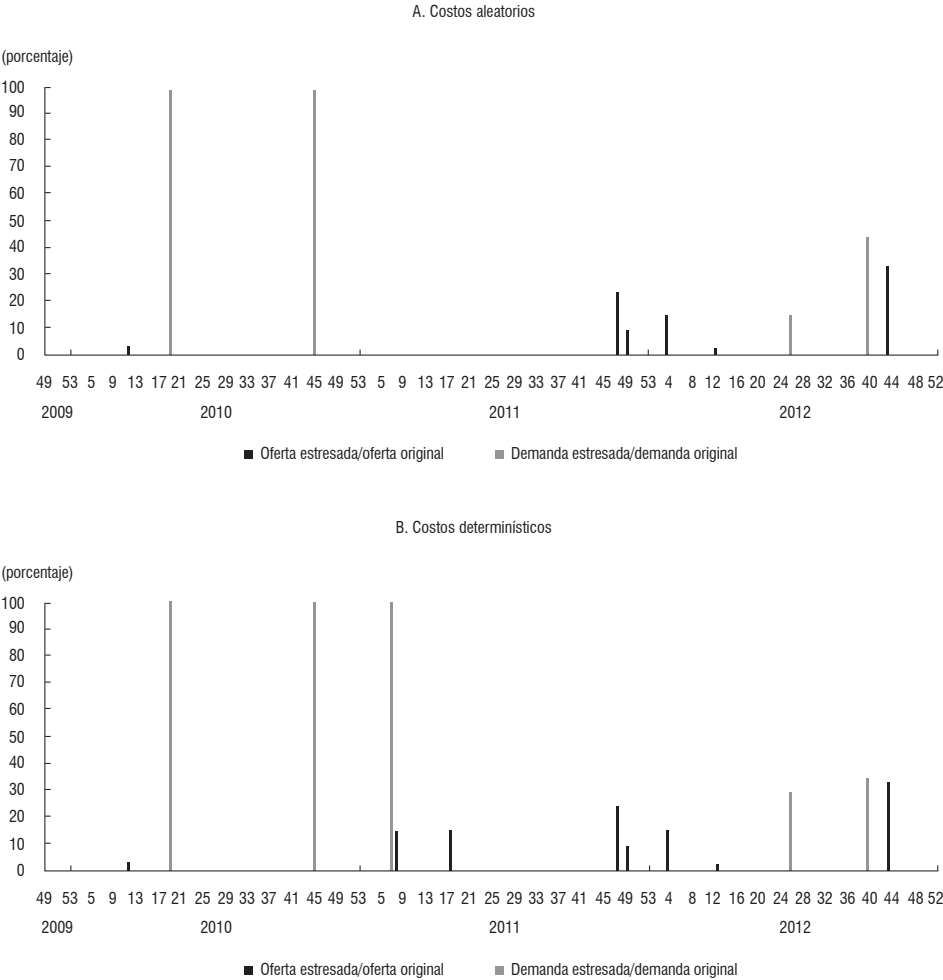
Gráfico A5.3

Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 1 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A5.4
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 2 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A5.5

Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 3 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)

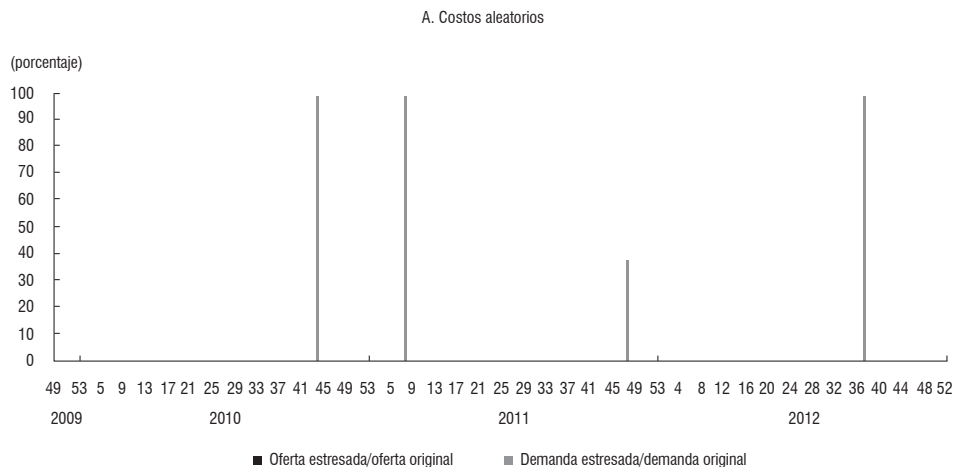


Gráfico A5.6

Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 4 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)

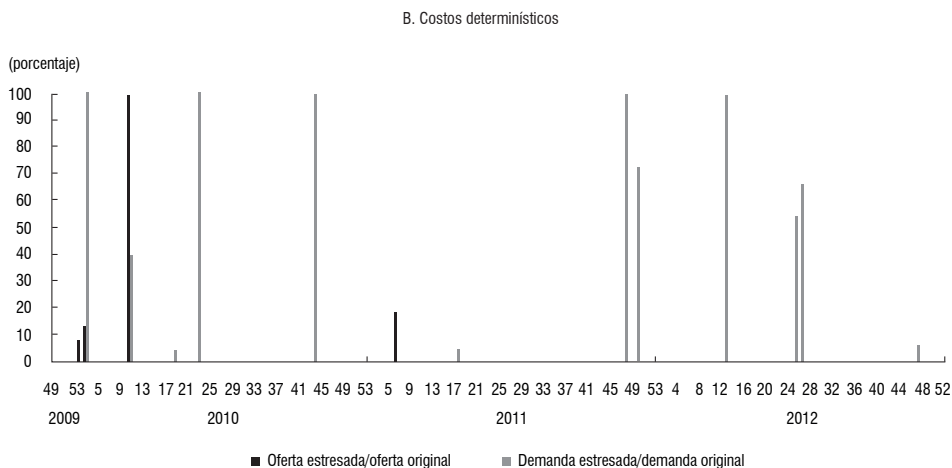
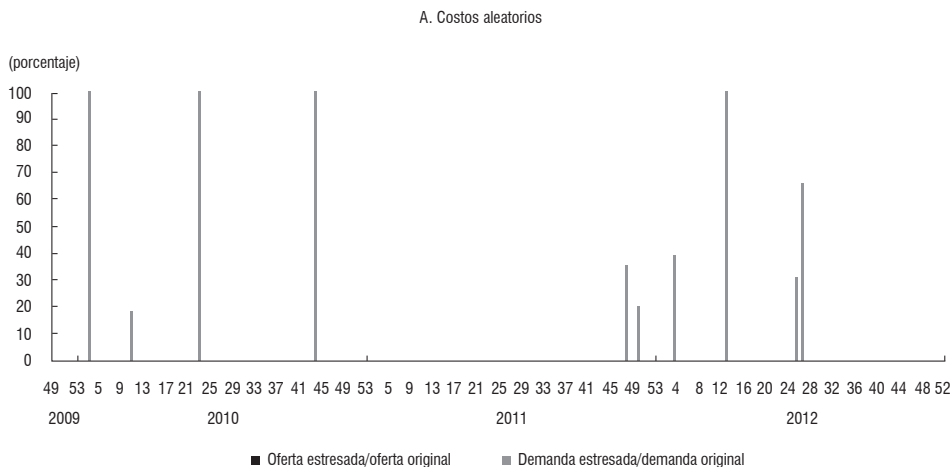
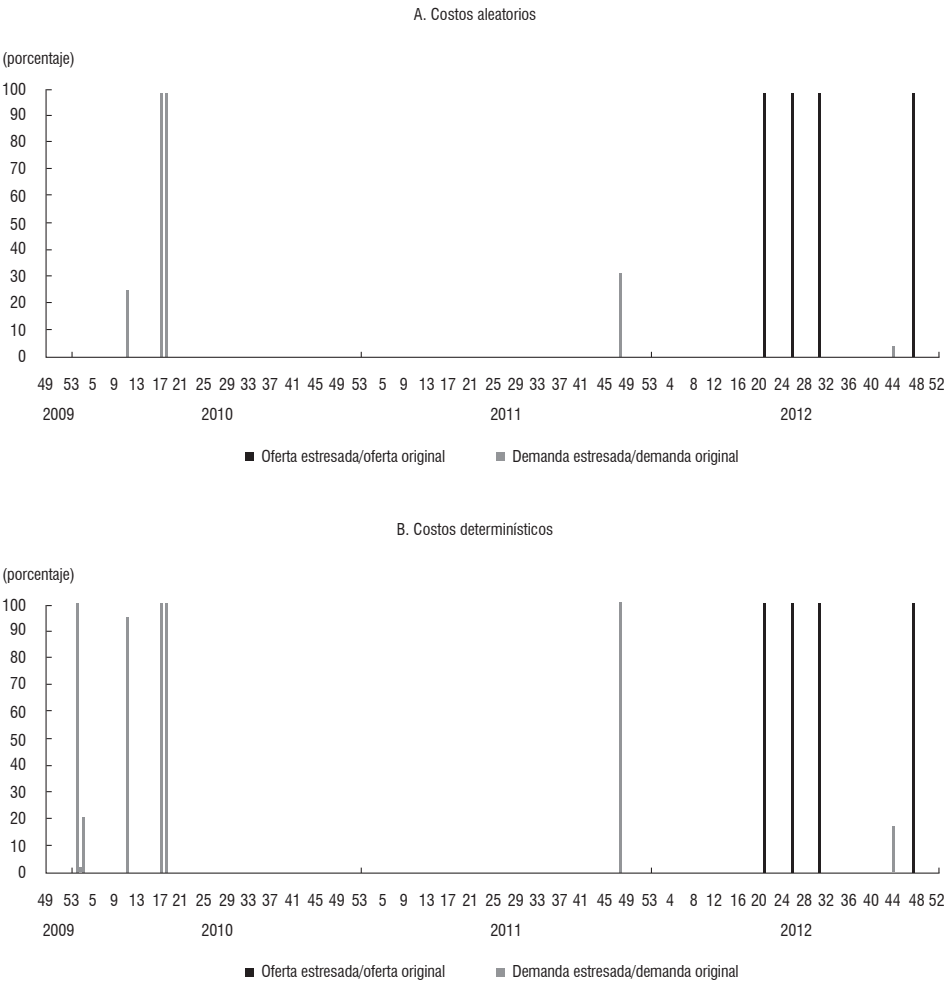
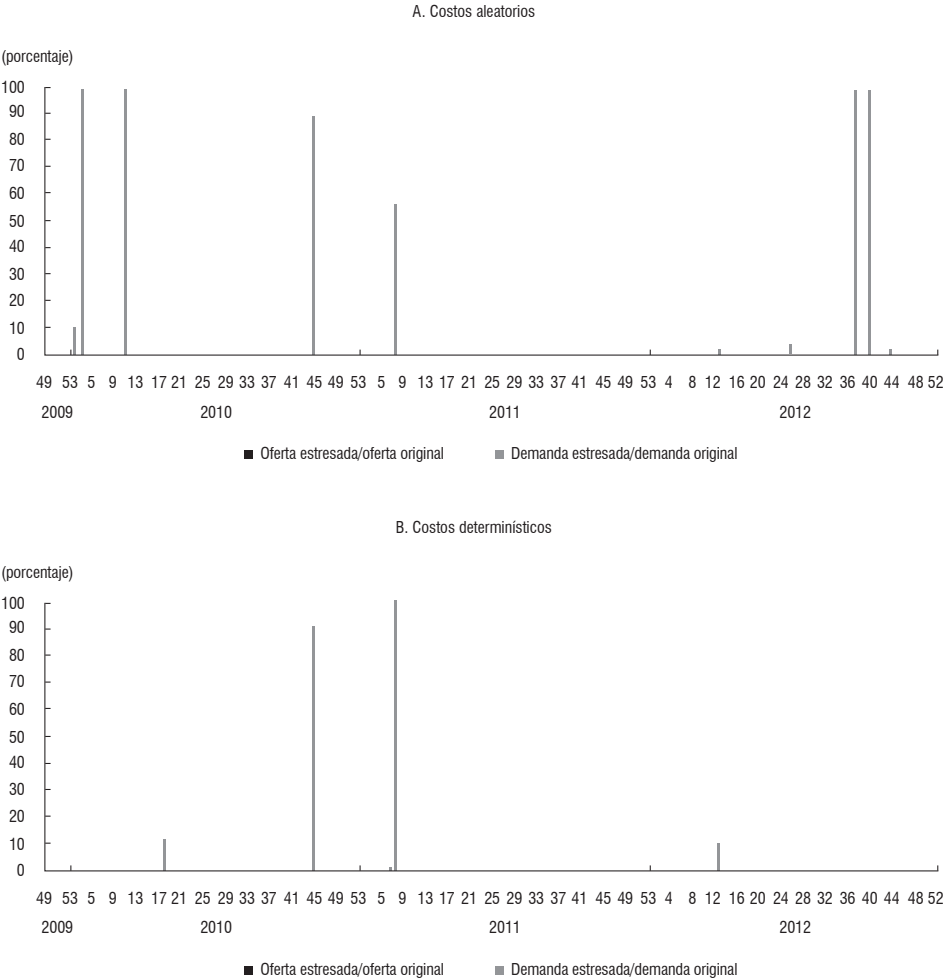


Gráfico A5.7
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 5 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

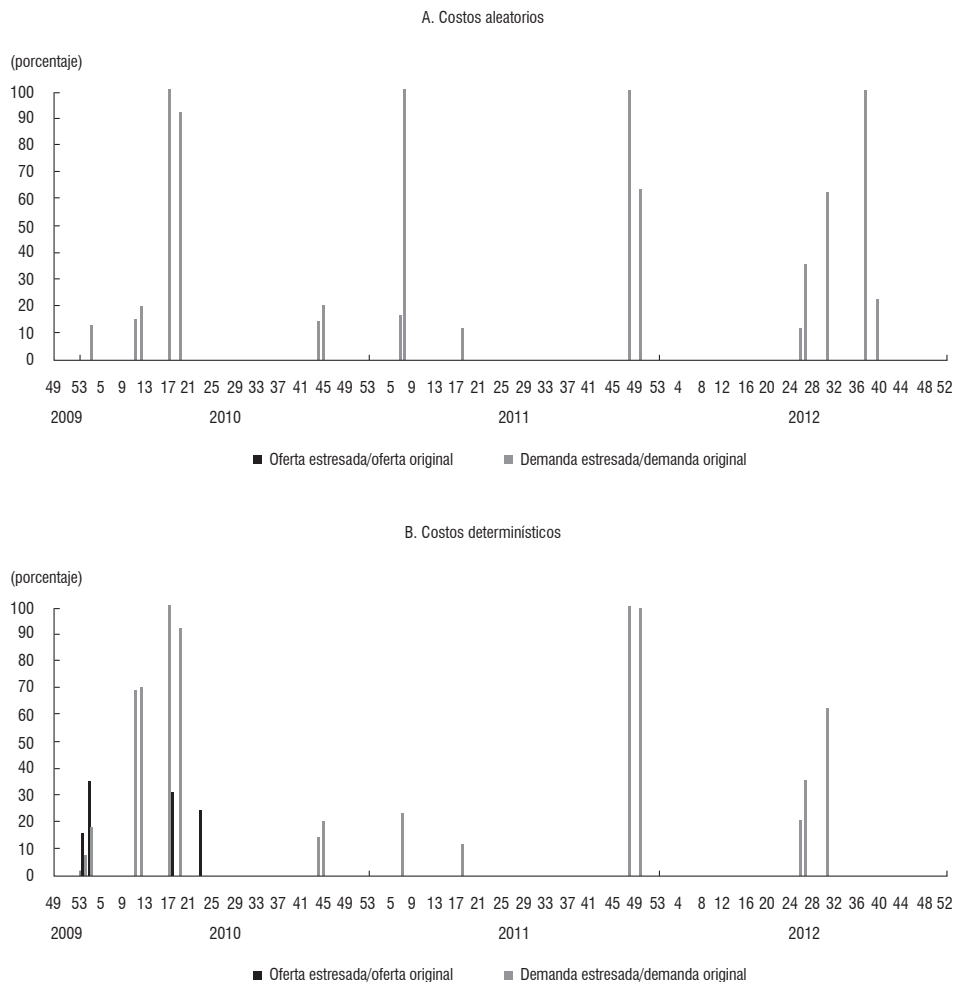
Gráfico A5.8
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 6 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A5.9

Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 7 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A5.10
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 8 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)

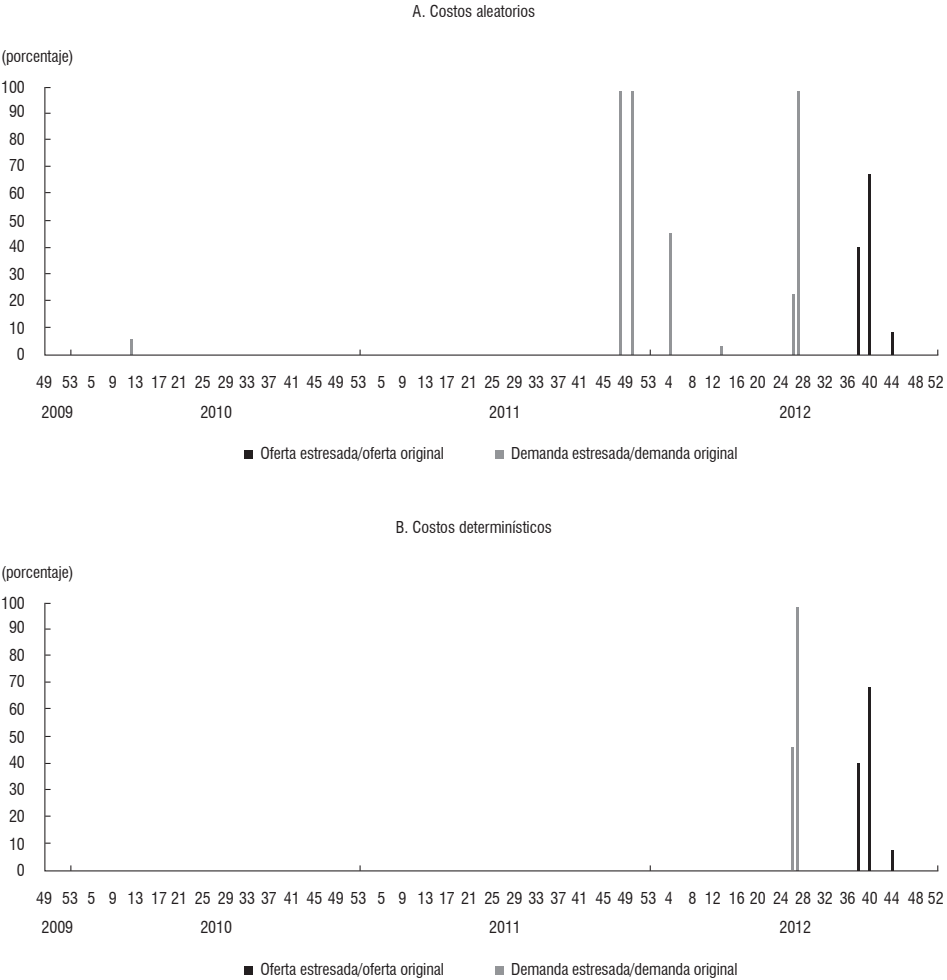
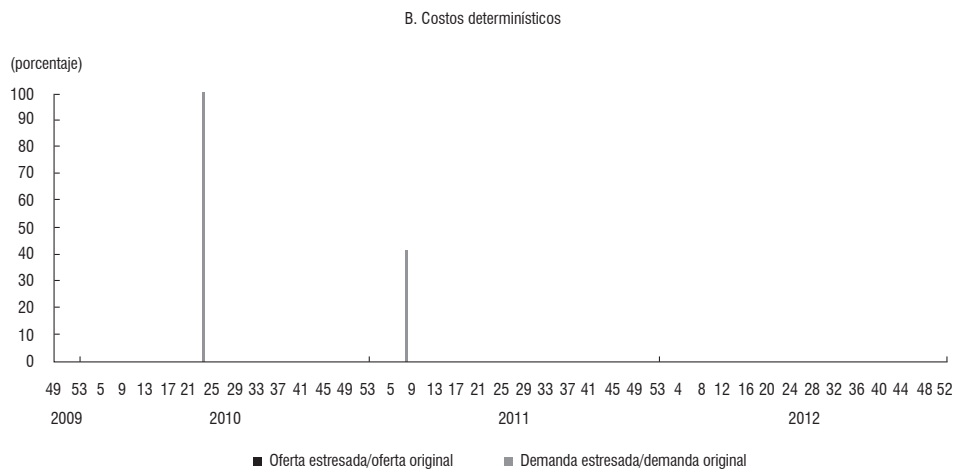
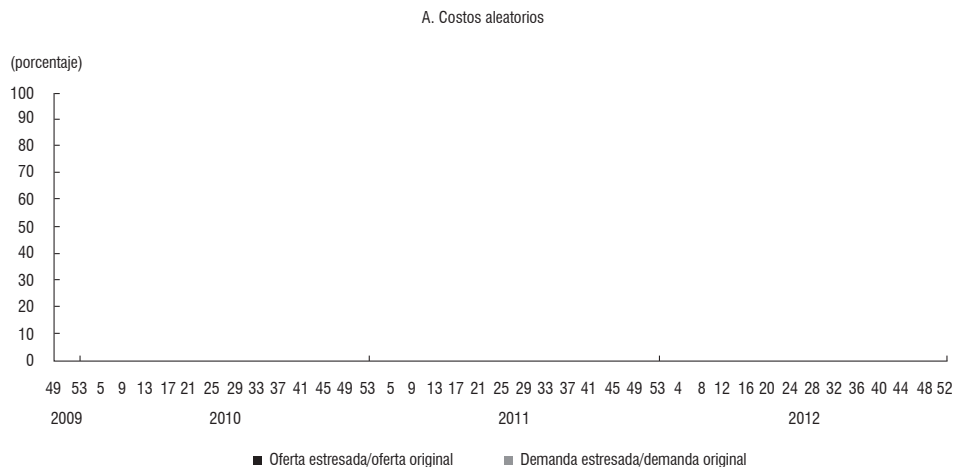


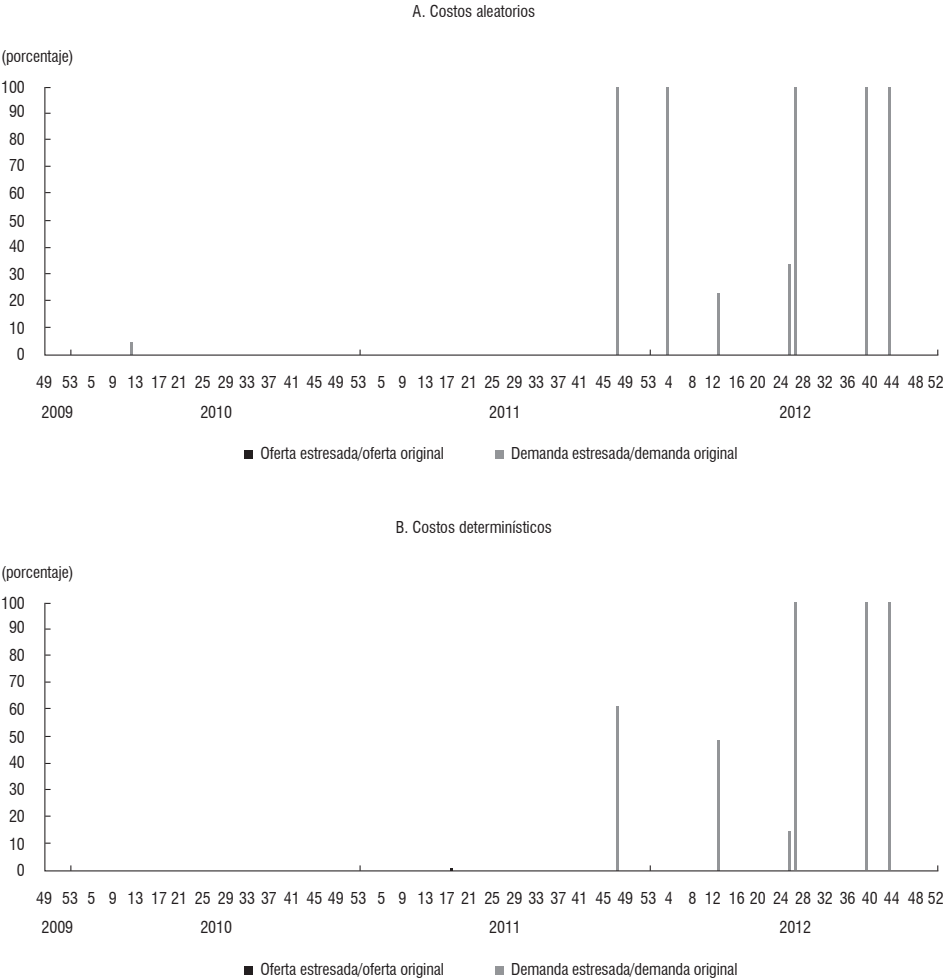
Gráfico A5.11

Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 9 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A5.12
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 10 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A5.13
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 11 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)

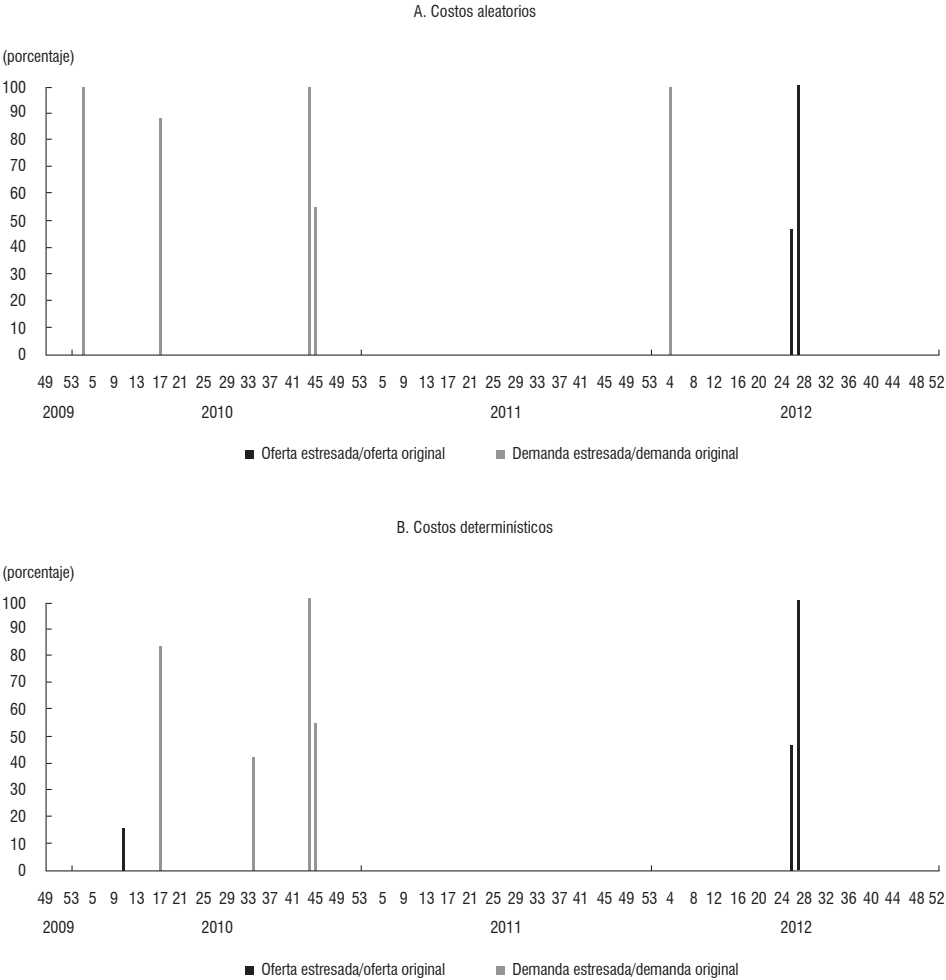
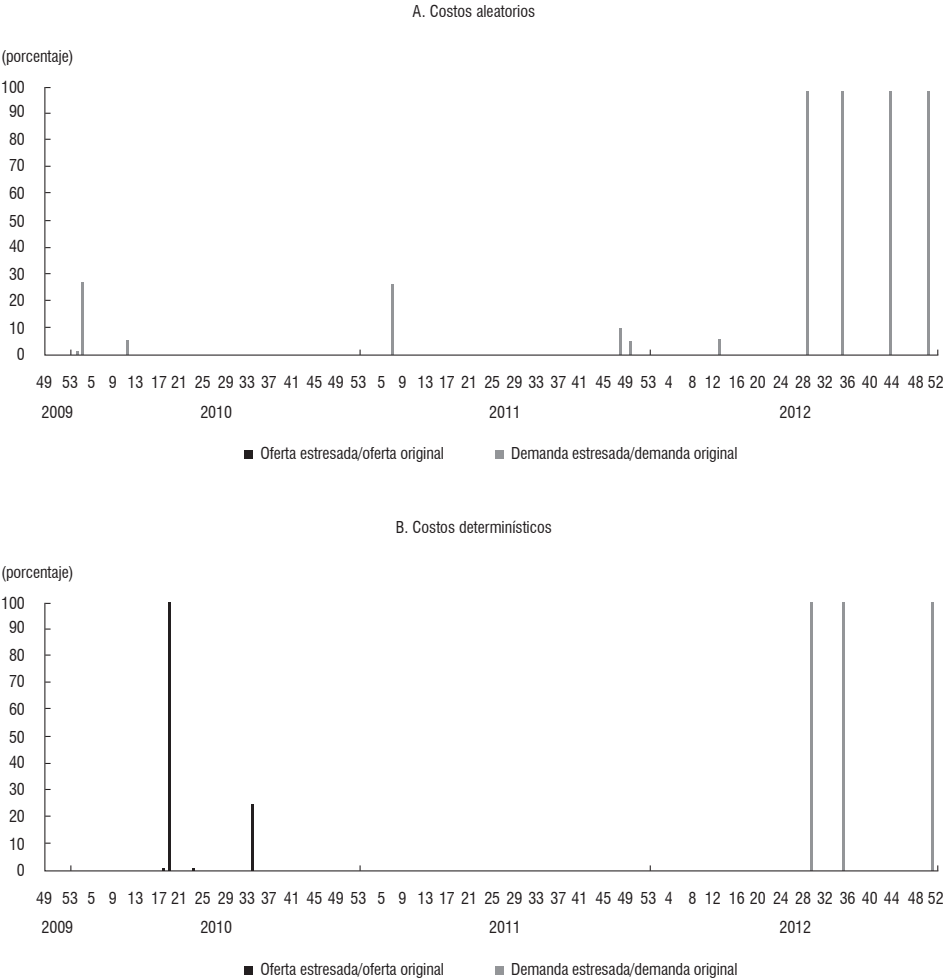
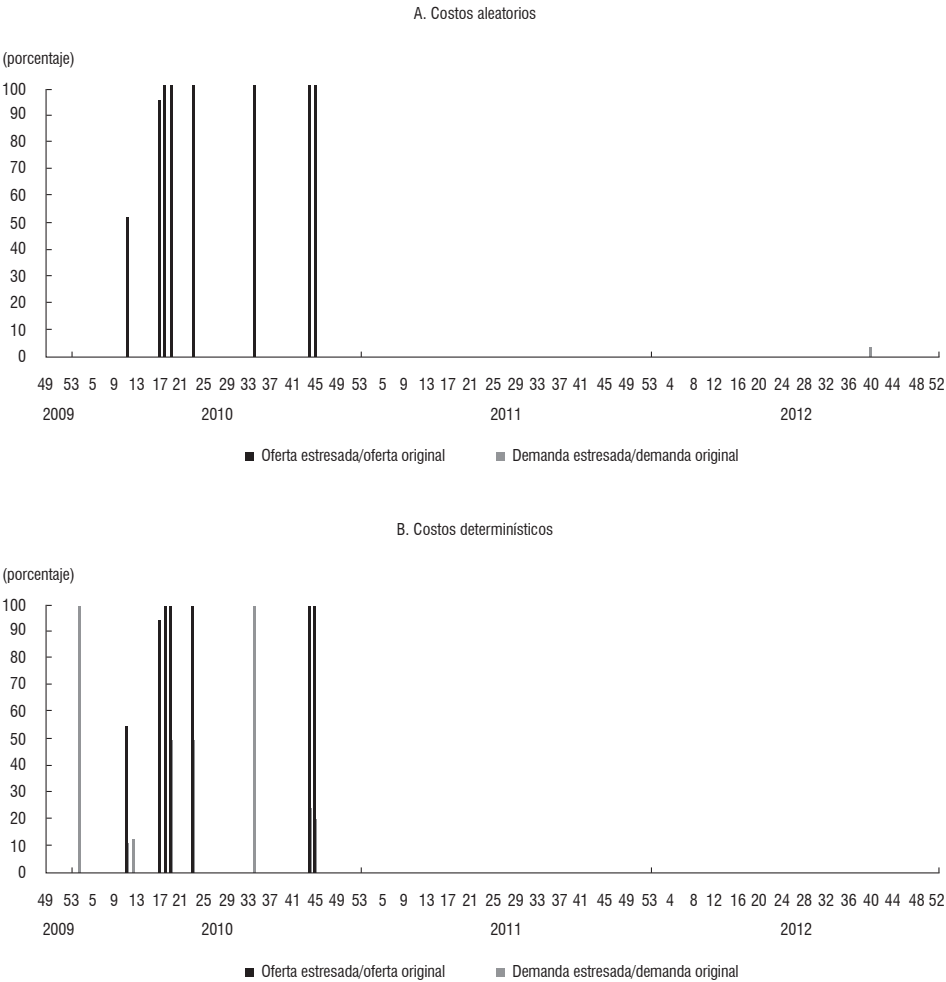


Gráfico A5.14
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 12 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



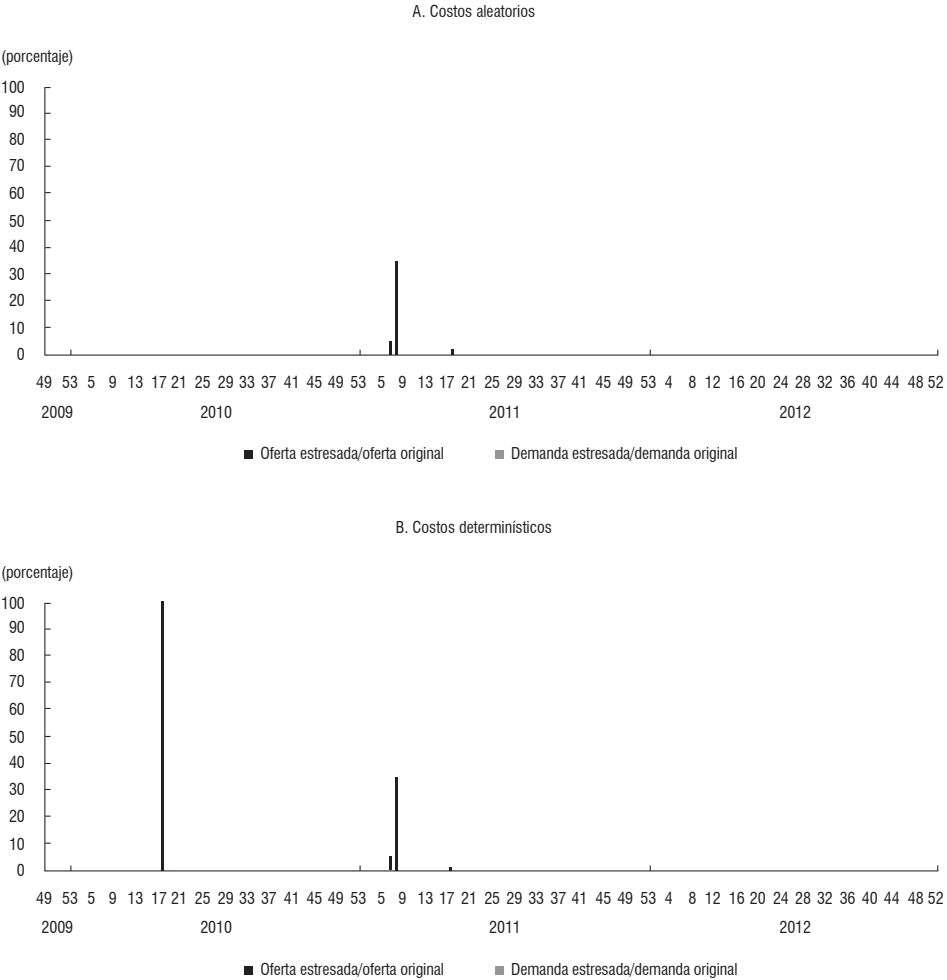
Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A5.15
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 13 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

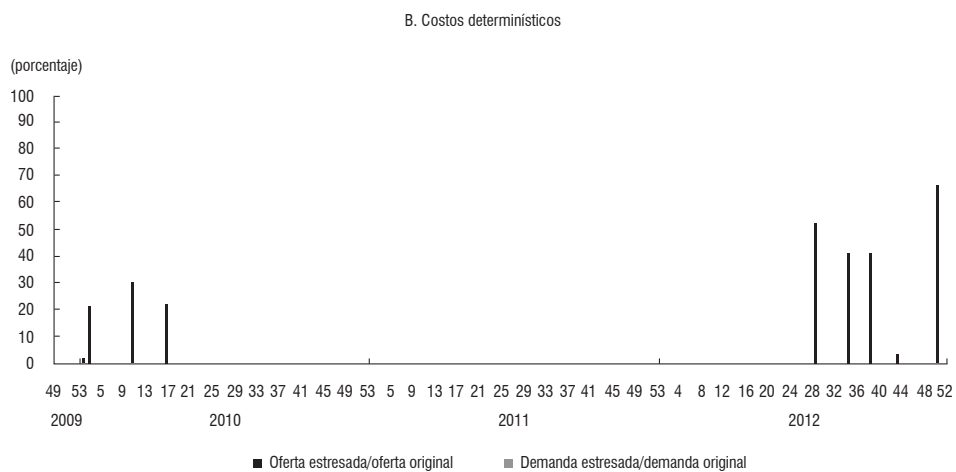
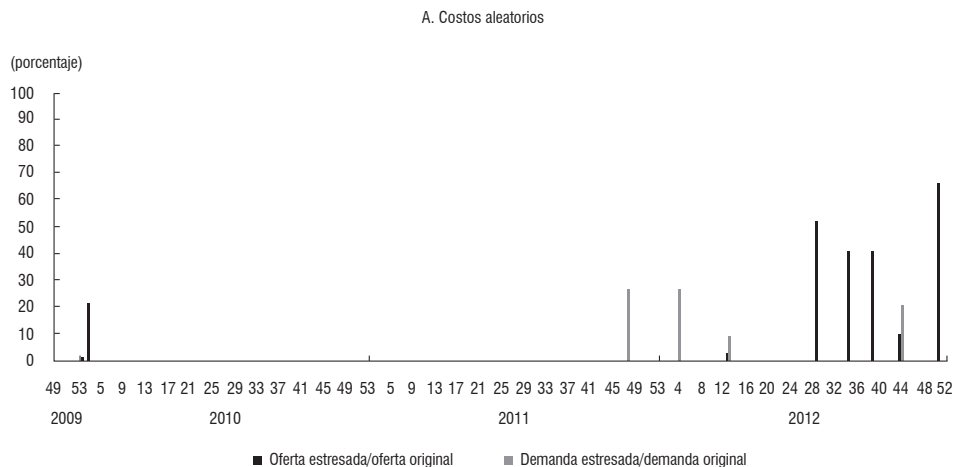
Gráfico A5.16
Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 14 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A5.17

Evolución de las razones entre la ONS y la oferta antes del choque y entre la DNS y la demanda antes del choque para la entidad 15 (matrices de costos determinísticos y aleatorios entre 2009 y 2012)



Fuente: cálculos de los autores.

19. EVALUACIÓN MACROPRUDENCIAL DE LA IMPORTANCIA SISTÉMICA DE LAS INSTITUCIONES FINANCIERAS EN COLOMBIA

Carlos León
Clara Machado
Andrés Murcia*

Puede considerarse que una institución es sistémicamente importante si, al fallar, su caída o mal funcionamiento provocan una alteración generalizada sobre el sistema financiero mediante diferentes efectos directos o indirectos. De esta forma, el criterio principal para evaluar la importancia sistémica se relaciona con su potencial para causar un gran impacto negativo tanto en el sistema financiero como en la economía real (IMF *et al.*, 2009). De ahí que definir si una institución bancaria o no bancaria es sistémicamente importante (o no) resulta crucial para monitorear, supervisar y regular los sistemas financieros, así como para diseñar políticas macroprudenciales con el objetivo de preservar la estabilidad financiera.

Estar en capacidad de evaluar la importancia sistémica puede ayudar a las autoridades financieras a centrar su atención y sus recursos (la intensidad del seguimiento, la supervisión y la regulación) allí donde se estima que es mayor la gravedad sistémica que resulta cuando una institución financiera está en crisis o a punto de sufrirla. Identificar

* Los autores son, en su orden, directora del Departamento de Seguimiento a la Infraestructura Financiera; jefe de la Sección de Investigación y Desarrollo, del mismo departamento del Banco de la República e investigador externo del CentER, Universidad de Tilburg; y economista visitante del Banco de Pagos Internacionales, Oficina de Representación de las Américas, y profesional líder de la Subgerencia Monetaria y de Inversiones Internacionales, Banco de la República.

Sus opiniones y afirmaciones no necesariamente representan las del Banco de la República ni las de su Junta Directiva. Los resultados son ilustrativos y no pueden ser utilizados para inferir la calidad crediticia o realizar algún tipo de evaluación con respecto a una institución financiera en particular. Agradecemos a los funcionarios y miembros del personal ejecutivo que participaron en el diseño de la base del conocimiento experto. Los comentarios y sugerencias de Pamela Cardozo, Joaquín Bernal, Luc Renneboog y de un revisor anónimo son altamente apreciados, así como los recibidos en una investigación previa en seminarios en el Banco Central del Brasil, el Banco de Finlandia, el Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (Cemla) y el Banco de la República. Los datos fueron procesados con la asistencia de Carlos Cadena, Jorge Cely y Santiago Hernández. Esta es una versión anterior a la publicada como León, C.; Machado, C.; Murcia, A. (2015). "Assessing Systemic Importance with a Fuzzy Logic Inference System". *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management* (en edición).

instituciones sistémicamente importantes puede, igualmente, facilitar a las autoridades financieras la formulación de políticas (como por ejemplo, regulación, seguimiento y supervisión prudenciales) y la toma de decisiones (por ejemplo, para el diseño de mecanismos de resolución especiales, de provisión de liquidez o de prestamista de última instancia).

La literatura converge hacia la existencia de tres criterios clave primordiales para evaluar e identificar la importancia sistémica de las instituciones financieras y las infraestructuras del mercado: tamaño, conectividad y sustituibilidad (FMI *et al.*, 2009; Manning *et al.*, 2009; BCBS, 2013)¹. Según el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS) (2013), el tamaño está relacionado con qué dificultad se pueden reemplazar las actividades de una institución financiera en dificultades o a punto de caer; la conectividad tiene que ver con la forma como la alteración en una institución financiera puede aumentar considerablemente en otras la probabilidad de sufrir trastornos por medio de la red de obligaciones contractuales; en tanto que la sustituibilidad se refiere al grado o medida en que una institución financiera provee servicios de infraestructura (de pagos o de custodia, por ejemplo) al sistema financiero.

A pesar del carácter intuitivo de estos conceptos, evaluar e identificar instituciones financieras sistémicamente importantes dentro de un enfoque basado en indicadores² sigue siendo una tarea difícil que implica diversos desafíos, dos de ellos particularmente exigentes.

El primero, que consiste en diseñar indicadores o medidas para la conectividad y la sustituibilidad, puede llegar a exigir, como lo reconoce la más reciente literatura, fuentes de información y técnicas especializadas como los datos de las infraestructuras financieras y el análisis de redes. En segundo lugar, elegir una metodología capaz de incorporar robustamente las medidas diseñadas para los tres conceptos mencionados dentro de un índice de importancia sistémica puede ser complejo.

El BCBS, introdujo una primera propuesta para ambos retos (BCBS, 2011), que fue posteriormente actualizada en BCBS (2013). Con respecto al primer desafío, la proposición del BCBS se basa esencialmente en la utilización de datos tradicionales de balance, en contra de un creciente consenso sobre la conveniencia de emplear otras fuentes de información y enfoques técnicos (Uribe, 2011 a y b; León *et al.*, 2012; ECB, 2010). Sobre el segundo reto, en cierto modo divergente de las inquietudes y sugerencias del FMI *et al.* (2009), la propuesta del BCBS (2013) emplea un esquema de ponderación igual y fija para agregar cinco categorías (asignando a cada una un 20% de ponderación o valor, por

1 La BCBS (2013) sugiere añadir dos criterios (actividad entre jurisdicciones y complejidad) con el fin de entender la importancia sistémica global de los bancos y la dificultad de resolver un evento sistémico. Puesto que este documento se centra en banca no global, y como los derivados y otros instrumentos complejos son escasos en el mercado colombiano, los criterios se limitan a tamaño, conectividad y sustituibilidad, como originalmente lo ha sugerido el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Banco de Pagos Internacionales (BIS) y la Junta de Estabilidad Financiera (FSB) (FMI *et al.*, 2009). Sin embargo, los métodos de agregación que se proponen tienen la capacidad de tener en cuenta estos dos (e incluso otros) criterios.

2 Existe una alternativa para los enfoques basados en indicadores, como el aquí propuesto, a partir de un modelo que emplea patrones cuantitativos para estimar los aportes de las instituciones financieras al riesgo sistémico. No obstante, como lo subraya BCBS (2013:5): “los modelos para medir la importancia sistémica de las instituciones financieras está todavía en una etapa muy primitiva de desarrollo y sigue habiendo inquietudes con respecto a la robustez de los resultados; [porque, por ejemplo], pueden no llegar a capturar todas las formas (tanto cuantitativas como cualitativas) en que una [institución financiera] es sistémicamente importante.

ejemplo), donde la pertinencia de cada métrica constitutiva no parece obedecer a ninguna técnica (cuantitativa o cualitativa). Por lo demás, el esquema de ponderación igual y fija sugerido por BCBS puede llegar a generar resultados indeseables, como los de sesgar los resultados hacia las categorías más volátiles, y también llevar a suponer ingenuamente que todos los sistemas financieros son similares³.

Este documento presenta dos enfoques para los retos mencionados. Con respecto al primero, se diseñan tres medidas destinadas a evaluar el tamaño, la conectividad y la no sustituibilidad de las instituciones financieras colombianas como dimensiones primordiales de la importancia sistémica: i) la centralidad como prestatario neto en la red de los mercados monetarios; ii) la centralidad como originador de pagos en la red de los sistemas de pagos de alto valor, y iii) el valor de los activos de los servicios financieros.

A diferencia de la propuesta del BCBS (2013), nuestras medidas no se limitan a los datos tradicionales de balance y emplean métodos de análisis de redes —por ejemplo, centralidad de distribución, (*hub centrality*)— para evaluar la importancia global de cada institución financiera dentro del sistema financiero, ya sea como prestatario en el mercado monetario o como originador de pagos. En este sentido, el presente documento contribuye al diseño de medidas más cercanas a la perspectiva macroprudencial de la estabilidad financiera, en la que el objetivo más inmediato radica en reducir la conmoción en la totalidad del sistema y con la cual deben calibrarse las normas prudenciales con respecto a la contribución marginal de las instituciones financieras al riesgo de todo el sistema (Borio, 2003).

En lo que concierne al segundo desafío, que consiste en la forma de agregar las diferentes medidas de importancia sistémica dentro de un solo índice, se han implementado dos métodos distintos de acumulación o agregación: el de la lógica difusa (*fuzzy logic*), y el de análisis de componentes principales. La lógica difusa, en la forma de un sistema de inferencia de lógica difusa (en adelante FLIS), es un enfoque basado en la utilización del conocimiento experto, el cual emplea un método cuantitativo que imita la forma como los propios expertos perciben el proceso de decisiones con respecto a lo que corresponde a una institución financiera sistémicamente importante. En contraste, el análisis de componentes principales (*principal component analysis*: PCA), es un método estándar (puramente cuantitativo) de reducción de dimensiones, que encuentra la combinación lineal no correlacionada de variables que explican gran parte de la covarianza de los datos originales.

Los resultados confirman que: i) los establecimientos de crédito (como los bancos comerciales y otras instituciones bancarias) constituyen el tipo de institución financiera sistémicamente más importante en el mercado local; ii) pese a ser poco significativos por su tamaño, algunas instituciones financieras no bancarias son sistémicamente importantes debido a su centralidad dentro del mercado monetario y al sistema de pagos de alto valor; iii) con base en el análisis de componentes principales, se encontró que las tres medi-

3 Se comentan brevemente en León y Machado (2013) otros inconvenientes de la propuesta metodológica de BCBS (2013). Comentarios adicionales al documento de consulta se publican en la página del BIS (<http://www.bis.org/publ/bcbs201/cacommments.htm>). Por otra parte, con respecto a la existencia de sesgos hacia las categorías más volátiles, el BCBS (2013) implementó un límite para ponderar la sustituibilidad, puesto que las ponderaciones mostraron un impacto mayor que el esperado en la evaluación de la importancia sistémica. Este punto es explicado y tratado por Hurlin y Pérignon (2013).

das son no redundantes y explicativas; iv) la utilización del conocimiento especializado sugiere que, aunque los vínculos entre instituciones financieras son considerados como factor fundamental de impacto sistémico, el tamaño es visto como el principal propulsor de la importancia sistémica, y v) ambos métodos de agregación son complementarios.

El presente artículo está estructurado de la siguiente manera: en la primera sección se presenta el concepto de la importancia sistémica, centrándose en las recomendaciones e inquietudes aportadas por el IMF *et al.* (2009). En la segunda se expone el diseño de las medidas de la importancia sistémica y la intuición y elementos esenciales subyacentes en los dos métodos de agregación: FLIS y PCA. En la tercera se describen la base de datos y las medidas de importancia sistémica resultantes, así como el procedimiento de agregación implementado; además, presenta la evaluación de la importancia sistémica producida (es decir, los índices) para las instituciones financieras colombianas a junio de 2013. La última sección ofrece algunos comentarios finales.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: EL RIESGO SISTÉMICO Y LA IMPORTANCIA SISTÉMICA

Tal como lo expone el IMF *et al.* (2009: 2), los países del Grupo de los 20 (G-20) emplean una definición general para riesgo sistémico, calificándolo como: “el riesgo de perturbación de los servicios financieros que i) es causado por un deterioro de la totalidad o partes del sistema financiero y ii) tiene el potencial de traer consigo graves consecuencias negativas para la economía real”. En relación con los sistemas de pagos, el Comité para Pagos y Sistemas de Liquidación y la Organización Internacional de Comisiones de Valores (CPSS e Iosco, 2012:18) lo define, a su vez, como “el riesgo de que la incapacidad de uno o más participantes para desempeñarse como se espera, provoque que otros no puedan cumplir con sus obligaciones al vencimiento”.

Indistintamente de que se adopte cualquiera de estas definiciones, y a pesar de no haber una sola que resulte del todo satisfactoria en cada situación (Dowd, 2005), es común ver el riesgo como una función basada en dos parámetros: frecuencia y gravedad (Condamine *et al.*, 2006), conocidos también, respectivamente, como probabilidad e impacto (Gallati, 2003). Aunque tradicionalmente el esfuerzo académico se ha centrado en inquietudes sistémicas basadas en la estimación del riesgo sistémico —es decir, el producto de frecuencia e impacto, como en Norman *et al.* (2009)—, existe hoy un nuevo interés en enfocar la atención en gravedad o importancia sistémica⁴.

Por ejemplo, Paul Tucker, el por entonces director ejecutivo para Mercados y miembro del Comité de Política Monetaria del Banco de Inglaterra, señaló lo siguiente (Tucker, 2005: 73)

[L]a cuestión más interesante no radica en si el riesgo va a materializarse o no, tal como en una u otra forma se materializan otros riesgos diariamente. Más bien, lo importante es saber, en el caso de producirse choques adversos, si nuestros mercados de capi-

4 Ciertos autores (Rebonato, 2007; Taleb, 2007) sostienen que tanto los modelos como las técnicas para estimar eventos con efectos muy negativos con bajas probabilidades han mostrado resultados deficientes, llegando incluso a cuestionar la utilidad de tales modelos y técnicas para capturar eventos extremadamente adversos no encontrados en los datos históricos.

tales son capaces de absorberlos o si éstos ya han llegado a desarrollar, como algunos sugieren, unas características que pueden haberlos dejado vulnerables.

Tan creciente interés en el impacto de los choques sistémicos es el resultado de las características intrínsecas de los sistemas financieros. Como lo señalan Haldane (2009), León *et al.* (2012) y León y Berndsen (2013), es posible describir las redes financieras y de pagos de hoy en día como resistentes a alteraciones fortuitas, pero altamente susceptibles a ataques específicamente dirigidos⁵. Este es el resultado de la importancia sistémica de las instituciones financieras (por ejemplo, en tamaño, conectividad o sustituibilidad) que es distribuida con un alto grado de asimetría (colas anchas o sesgo a la derecha) y excesiva curtosis, como bajo una distribución de ley de potencia. Bajo un tipo así de distribución sesgada, la institución promedio es de reducida importancia sistémica y (por ende), el incumplimiento o imposibilidad de pagar tiene como resultado un bajo nivel de gravedad sistémica; en consecuencia, las instituciones sistémicamente importantes y sus consiguientes altos grados de gravedad se ubican en la cola del extremo derecho de la distribución.

Esto significa que enfocarse en la forma tradicional, calculando el riesgo como la suma de multiplicar la frecuencia esperada de falla real (o cercana, inminente) de cada participante por el correspondiente impacto estimado, puede estar desviando peligrosamente a las autoridades financieras de su objetivo de preservar la estabilidad financiera: en promedio, es posible “garantizar” tal estabilidad, pero no cuando se ve confrontada por el fallo de un participante sistémicamente importante. Es decir, al concentrarse en aquellas entidades con mayor probabilidad de fallar, las autoridades financieras pueden estar preparándose para enfrentar un grave choque sistémico basado solo en el impacto de una institución promedio.

Más aún, al estimar el riesgo sistémico como la suma de la frecuencia calculada con que cada participante cae (o está a punto de caer) multiplicada por el correspondiente impacto conjeturado, se está presuponiendo que las fallas reales o anunciadas no tienen lugar juntas ni a un mismo tiempo (es decir, que son independientes). Pero, como lo demostraron los episodios simultáneos de trastorno financiero de AIG, Lehman y Bear Sterns, de ninguna manera es posible garantizar tal independencia.

Por consiguiente, así como las autoridades financieras deben prepararse para enfrentar una no ordinaria, pero sí extrema amenaza a la estabilidad financiera, sus actividades (como las de supervisión, seguimiento y regulación) tienen que ir destinadas a lidiar con instituciones financieras sistémicamente importantes que estén fallando o se encuentren al borde del fracaso, como lo sugieren CPSS e Iosco (2012). En este sentido, es preciso que las políticas y la toma de decisiones de las autoridades financieras se basen en cómo definir la importancia financiera e identificar así a las instituciones que caen bajo tal definición.

De acuerdo con el IMF *et al.* (2009), puede considerarse que una institución es sistémicamente importante si su caída o su mal funcionamiento causan un trastorno general,

5 Como lo menciona Haldane (2009), esto explica por qué existen largos períodos de aparente robustez en los que nodos periféricos (no sistémicamente importantes) están sujetos a choques o impactos aleatorios, y a cortos aunque graves episodios de crisis sistémica en la que unas instituciones sistémicamente importantes ponen en peligro la estabilidad financiera. De ahí la caracterización que hace Haldane de la red financiera internacional actual: “robusta y, sin embargo, frágil”.

ya sea directa o indirectamente, mediante un efecto de contagio. El mayor criterio para evaluar la importancia sistémica tiene relación con el potencial de las instituciones para provocar un gran impacto negativo en el sistema financiero y en la economía real. Ese criterio global puede explicarse convenientemente por medio de tres conceptos más precisos: tamaño, conectividad y sustituibilidad (como en IMF *et al.*, 2009; Manning *et al.*, 2009).

1.1 Tamaño

Según el BCBS (2013), el tamaño se relaciona con lo difícil que puede ser reemplazar las actividades de una institución que esté en dificultades o próxima a caer. Algunos autores consideran que una institución es sistémicamente importante si excede un umbral en el tamaño de los activos (Saunders *et al.*, 2009), en tanto que otros (IMF *et al.*, 2009) prefieren evaluar el monto de los servicios financieros que suministran al sistema. Este último es el enfoque tradicional del riesgo sistémico, en el que generalmente la importancia sistémica de una institución crece junto con su tamaño, y en el que las instituciones sistémicamente importantes son clasificadas como demasiado grandes para caer.

Existen ciertas medidas con respecto al tamaño de los servicios financieros suministrados por una entidad al sistema. Los datos contables tradicionales de las instituciones contienen información importante, como las exposiciones al riesgo dentro y fuera de balance (p. e.: depósitos, garantías y préstamos del mercado monetario) al igual que el volumen de los activos administrados, etcétera. Otros indicadores de tamaño pertinentes, tales como el volumen de pagos por parte de instituciones individuales, no se revelan públicamente, pero se encuentran disponibles para las autoridades financieras cuando las instituciones participan en sistemas de pagos de alto valor o provienen de las labores de seguimiento y supervisión financiera.

1.2 Conectividad

La conectividad se relaciona con la forma como los problemas en una institución financiera pueden incrementar considerablemente la probabilidad de perturbar a otras por medio de la red de obligaciones contractuales (BCBS, 2013). Por tanto, entre más extenso sea el número y el volumen de los vínculos de una institución con otros participantes en el mercado, mayor será, entonces, el contagio o peores las repercusiones que pueda llegar a generar.

En lo que concierne a los vínculos que constituyen el grado de conectividad, se identifican dos tipos distintos. Según la descripción de Allen y Babus (2008), los vínculos directos se relacionan con exposiciones mutuas al riesgo adquiridas en el mercado financiero, en tanto que los indirectos surgen de mantener portafolios similares o de compartir el mismo conjunto o masa de depositantes.

Pese a su carácter intuitivo, la conectividad constituye un enfoque bastante novedoso del riesgo sistémico donde las instituciones sistémicamente importantes se encuentran catalogadas como demasiado conectadas para caer (León *et al.*, 2012; Chan-Lau, 2010;

ECB, 2010; Clark, 2010; Zhou, 2009). A diferencia de lo que ocurre con el tamaño de las instituciones financieras, es más complicado evaluar la conectividad, al carecer tanto los reguladores como los bancos centrales de los recursos requeridos para realizar este tipo de análisis (Clark, 2010). El análisis de redes⁶ facilita algunos conceptos y medidas que pueden servir para apreciar la conectividad. El concepto más simple está en la centralidad por número de conexiones entrantes y salientes (*indegree and outdegree centrality*), que se relaciona con el número de “vecinos” o “socios” que una institución tiene dentro de la red donde los primeros (últimos) corresponden a los flujos entrantes (salientes). Otros conceptos toman en cuenta las propiedades globales de toda la red, en donde la centralidad surge de las relaciones contractuales con entidades subyacentes en la red, como en el caso de la centralidad del vector propio (v. g.: de *eigenvector*) y otras medidas de centralidad (por ejemplo, *pageRank*, autoridad y centralidad de distribución, centralidad de Katz).

La aplicación tradicional del análisis de redes para evaluar el riesgo sistémico se apoya en datos aportados por los estados financieros, tales como la financiación y los préstamos interbancarios, a la manera de Garrat *et al.* (2011) o Chan-Lau (2010). No obstante, tales fuentes de información pueden no ser confiables debido a las prácticas contables de las firmas informantes, como lo destaca Smith (2011)⁷. Por su parte, León y Berndsen (2013) y León *et al.* (2012) emplean transacciones provenientes de infraestructuras financieras (por ejemplo, sistemas de pagos de alto valor, y sistemas de liquidación de títulos-valores y de divisas) que conceden algunas ventajas en términos de detalle, integridad, exhaustividad y oportunidad. Kyriakopoulos *et al.* (2009) sugieren optar por recurrir a transacciones financieras en lugar de emplear los datos de estados financieros y otros informes de las instituciones.

1.3 Sustituibilidad

Si la ausencia de una institución financiera distorsiona el sistema porque resulta difícil (o imposible) encontrar otra institución capaz de suministrar el mismo volumen (o uno similar) de servicios financieros (como, por ejemplo, liquidación, pagos, préstamos interbancarios, custodia, corretaje) se considera una entidad sistémicamente importante. Como lo señalan Manning *et al.* (2009), la gravedad del impacto de la falla o caída de un sistema de pagos, y de ahí la extensión del riesgo sistémico, depende crucialmente de si existen sustitutos rápidamente disponibles que permitan que los flujos de pagos sean desviados mediante otro sistema. En consecuencia, generalmente la importancia sistémica de una institución financiera disminuye junto con su grado de sustituibilidad. Ambas, la

6 Los estudios de Soramäki *et al.* (2006) y de Bech y Garrat (2006) emplean el análisis de redes para caracterizar el sistema de pagos (fedwire) de los Estados Unidos, en tanto que Inaoka *et al.* (2004) lo aplican al caso (BoJ-Net) de Japón. Cepeda (2008), León y Pérez (2014) y León y Berndsen (2013) lo adoptan en relación con el sistema de pagos de alto valor (CUD) de Colombia y otras infraestructuras de mercados financieros para cuantificar el impacto de fallas o caídas en su estabilidad.

7 Según Smith (2011), Lehman empleaba acuerdos de venta y reventa o de recompra (repos) a fin de disminuir su deuda reconocida para fechas cercanas a los períodos de presentación de informes trimestrales. Por medio de su interpretación de normas contables, Lehman retiró más de USD 50 mil millones (mm) de su balance al final del trimestre fiscal en mayo de 2008, lo que redujo el apalancamiento neto de 13,9 a 12,1.

conectividad y la sustituibilidad, están, por tanto, relacionadas con el criterio de demasiado conectadas para caer con respecto a la importancia sistémica.

A diferencia de lo que ocurre con el tamaño de las instituciones, puede resultar más difícil evaluar la dimensión de sustituibilidad. Pese a existir circunstancias en las que es fácil determinar que un participante no es sustituible (por ejemplo, si hay únicamente una infraestructura para todo el sistema de compensación), puede ser engorroso determinar el grado de sustituibilidad en la mayoría de los casos.

El análisis de redes facilita algunos conceptos y medidas que pueden ayudar a evaluar la sustituibilidad en dichos casos. Uno de ellos es el de la centralidad de intermediación (Newman, 2010 y 2003), que corresponde a la medida de resiliencia de una red basada en la evaluación de lo que implica la salida de un participante en la conexión.

No obstante, y a pesar de que el concepto de sustituibilidad resulta evidente dentro de un marco tradicional de análisis de redes, las redes financieras tienen algunas particularidades que vale la pena tener en cuenta. En primer lugar, como lo subrayan Inaoka *et al.* (2004), pueden estar caracterizadas por su estabilidad dinámica, lo que significa que es posible reconfigurar con bastante prontitud las conexiones entre las instituciones, dada la apropiada intervención de las autoridades financieras, ya sea para salvar a la que ha fallado o apoyar a las restantes (es decir, a las que no han caído). A diferencia, por ejemplo, de una red física como Internet o una de transporte de energía eléctrica cuyo *hardware* no puede ser reconfigurado rápida o económicamente, se puede afirmar que una red financiera hasta cierto punto sí se puede reconfigurar, restableciendo las conexiones entre las instituciones financieras⁸. En este sentido, el papel del intermediario conector de una institución financiera dentro de una red de transacciones o exposiciones puede no llegar a revelar si alguna es sustituible (o no). De manera similar, Soramäki y Cook (2012) destacan que las medidas que dependen de la longitud de las trayectorias, como en la centralidad de intermediación (*betweenness centrality*), pueden no ser precisas dentro de las redes de pago, principalmente porque son ciegas con respecto al valor de las transacciones.

Al igual que en el caso de la conectividad, el análisis de redes para evaluar la sustituibilidad podría utilizar datos recogidos a partir de los balances de las instituciones (por ejemplo, financiación y préstamos interbancarios) o provenientes de infraestructuras de mercados financieros (por ejemplo, información de los sistemas de pago de alto valor y de liquidación de títulos-valores).

2. CÓMO DISEÑAR LOS ÍNDICES DE IMPORTANCIA SISTÉMICA

Teniendo en cuenta los conceptos fundamentales expuestos (v. g.: tamaño, conectividad y sustituibilidad), esta sección expone nuestra propuesta para el diseño de dos índices de importancia sistémica correspondiente a dos métodos de agregación distintos: FLIS y

8 Sin embargo, vale la pena recalcar que una red de infraestructuras de mercado financiero exhibe rigideces tanto legales como operativas que constituyen una red que puede no ser reconfigurada prontamente, como en el caso de las redes de las instituciones financieras. En este sentido, es posible que una red de infraestructuras de mercados pueda parecerse a una física, siendo aquí la sustituibilidad una cuestión importante.

PCA. La primera parte presenta las tres medidas o indicadores de importancia sistémica, su lógica y su diseño, y la segunda plantea brevemente los dos métodos de agregación⁹.

2.1 Cómo diseñar las medidas de importancia sistémica

Según la literatura dedicada a evaluar la importancia sistémica relativa a instituciones financieras y sistemas de pago (IMF *et al.*, 2009; Manning *et al.*, 2009; BCBS, 2013), los criterios más relevantes corresponden al tamaño, la conectividad y la sustituibilidad. De ahí que las tres medidas elegidas tengan que capturar (en cierta medida) estos tres importantes criterios o dimensiones.

2.1.1 La centralidad como prestatario neto en la red del mercado monetario

La primera métrica consiste en estimar la centralidad de cada institución financiera como prestatario neto en la red del mercado monetario. Dicha métrica emplea una puntuación de centralidad (centralidad de distribución) como medida de la importancia de cada institución financiera dentro de la red de préstamos garantizados por bonos emitidos por el gobierno (lo que se conoce comúnmente como *sell/buy backs* u operaciones de simultáneas)¹⁰.

En el caso colombiano, la importancia de los mercados de simultáneas está muy bien documentada en lo que concierne a caracterizar el mercado financiero local (por ejemplo, en Martínez y León, 2014; Cardozo *et al.*, 2011). Excluyendo los repos del Banco de la República, las simultáneas de títulos del Gobierno constituyen la fuente más importante de liquidez entre instituciones financieras: durante 2010, 2011 y 2012 su valor diario promedio representó el 83% del total, en tanto que las repos entre instituciones financieras significaron alrededor de un 1%, los préstamos no garantizados bordearon el 16%¹¹. Por consiguiente, en este trabajo se considera al “mercado monetario” como el mercado de simultáneas.

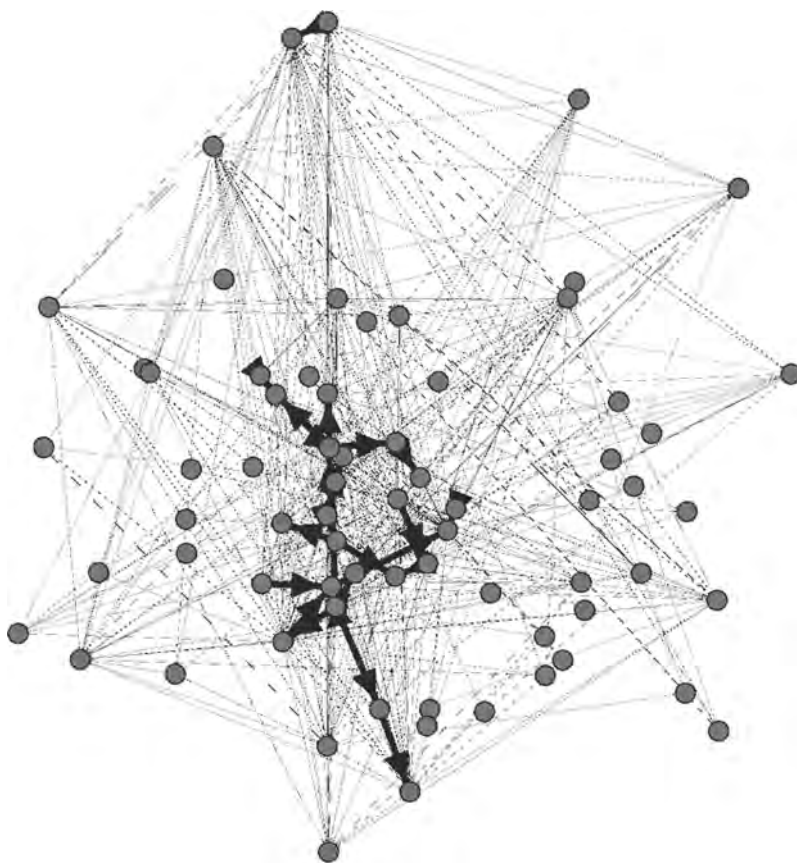
9 El lector interesado podrá encontrar mayores detalles en el sistema de inferencia de lógica difusa (FLIS) en León y Machado (2013) o Reveiz y León (2010).

10 Las *sell/buy backs* o simultáneas consisten en vender y comprar transacciones contratadas simultáneamente, con la misma suma capital y el mismo título valor y quedando ambas partes obligadas a adoptar la posición inversa al vencimiento (es decir, que el comprador pasa a ser el vendedor) cuando la propiedad de la garantía es transferida a su comprador. Bajo la regulación local, a diferencia de las repos, no se imponen recortes ni limitaciones de movilidad a la garantía, lo que puede llegar a explicar por qué las firmas financieras colombianas prefieren las simultáneas a otras fuentes, incluidas las repos con el Banco de la República durante algunos periodos (Cardozo, 2011).

11 El hecho de no haber tomado en cuenta mercados colateralizados de títulos emitidos por instituciones diferentes al gobierno se debe principalmente a limitaciones en materia de datos. Sin embargo, en el año 2012, con base en cifras aproximadas, el 79% de las transacciones colateralizadas del mercado monetario (como las simultáneas y los repos, excluyendo las del Banco de la República) utilizó títulos del gobierno como garantía (p. e.: los TES o títulos de deuda pública local emitidos por la Dirección General de Crédito Público y Tesorero Nacional), en tanto que un 17% empleó otros títulos de renta fija y el 4% recurrió a las acciones.

La red de préstamos colateralizados entre instituciones financieras empleada para esta medición está construida con datos provenientes del Depósito Centralizado de Valores (DCV). El DCV corresponde a la infraestructura del mercado financiero que sirve como sistema de liquidación de títulos del Gobierno para el mercado local. Esta plataforma es operada por el Banco de la República y contiene los compromisos de pagos netos de cada institución financiera en el mercado de simultáneas. Dicho de otra forma, esta red corresponde a las exposiciones netas entre instituciones financieras en el mercado monetario. El Gráfico 1 representa las exposiciones promedio durante junio de 2013, en donde la dirección y el ancho de la flecha corresponden a la dirección y el valor del pago pactado, respectivamente.

Gráfico 1
Red de endeudamiento neto del mercado monetario.



Nota: una flecha desde i hasta j representa el compromiso de pagar de i a j . El ancho indica el valor del compromiso de pago.

Fuente: estimaciones de los autores.

Utilizar los datos de exposiciones del sistema de liquidación de títulos del Gobierno ofrece muchas ventajas. Para empezar, el mercado local más líquido es precisamente el de los TES, donde estos sirven como principal colateral para préstamos. En segundo lugar, a diferencia de los datos reportados (por ejemplo: estados financieros o transmisiones periódicas de instituciones financieras), la información del sistema de liquidaciones es completa, individual, minuciosa y puntual, y coincide con las propiedades primordiales expuestas por Kyriakopoulos *et al.* (2009) como particularmente ventajosas desde una perspectiva de supervisión y seguimiento financiero (por ejemplo, las transacciones se encuentran disponibles en tiempo real y falsificarlas es casi imposible). En tercer lugar, a pesar de que la incapacidad de pagar en el mercado monetario no genera riesgo de crédito debido al esquema de entrega contra pago existente en dicha plataforma (conocido como *delivery versus payment* [DvP]), de todos modos un incumplimiento puede llegar a provocar varios problemas: i) presiones de liquidez a causa de que las contrapartes de la institución en dificultades no han recibido el pago; ii) entramientos o retrasos en liquidaciones de efectivo y títulos-valores debido a que las partes de las instituciones en problemas no hayan satisfecho sus compromisos con sus contrapartes; iii) ventas forzadas a menores precios por parte del titular de la garantía colateral (conocidas como *fire sales*), capaces de disminuir la capacidad de otros participantes para obtener financiamiento utilizando los mismos títulos-valores, además de su efecto negativo en el valor de mercado y la volatilidad de portafolios, carteras, cuentas de margen y solvencia de otras instituciones, e incluso de producir y fortalecer un ciclo negativo en el mercado (v. g.: espirales de liquidez)¹².

En consecuencia, esta red puede ser vista como una descripción de los vínculos directos entre instituciones financieras, en las que se espera que una institución que reúna varios compromisos futuros de pago (por ejemplo, para realizar la operación pactada al vencimiento de una operación simultánea) tenga mayor importancia para el mercado monetario. Más aún, puesto que esta red corresponde a las exposiciones netas entre instituciones financieras, también el nivel de las obligaciones está relacionado con el tamaño de la institución dentro del mercado monetario, así como con el nivel de las externalidades potenciales negativas que pueden llegar a producirse a partir de mantener portafolios similares entre entidades, al igual que por los posibles efectos de escenarios de ventas forzadas (*fire sales*). Por ende, bajo las definiciones del BCBS (2013: 7), esta métrica captura la interconectividad frente a otras instituciones financieras que se originan a partir de la red de obligaciones contractuales en la que ellas operan.

Pese a que la medición de la importancia relativa de una institución puede ser fácilmente capturada por el número de contrapartes (p. e.: grado) o por el valor de los compromisos de pago, tales medidas son de carácter local, ya que no captan la pertinencia de las contrapartes directas e indirectas como una fuente de importancia sistémica. Por tanto, distan mucho de tomar en cuenta el efecto global o de red de una determinada institu-

12 Se refiere al proceso de amplificación interna mediante el cual un activo que sufre una caída conduce a más ventas (desapalancamiento), lo que a su vez disminuye aún más los precios, los estados de pérdidas y ganancias de los intermediarios financieros y el valor neto o patrimonial de los balances (Brunnermeier *et al.* 2009). El problema concerniente a las externalidades negativas que surgen de las ventas forzadas en préstamos garantizados es tratado por Stein (2013).

ción. Como el mayor interés consiste en apreciar el aporte de las instituciones financieras al riesgo en el conjunto del sistema, la métrica utilizada debe poder reconocer que, en la red del mercado monetario, la importancia sistémica surge de los compromisos directos o indirectos a contrapartes importantes.

De ahí que con base en el algoritmo *hypertext induced topic search* (HITS) de Kleinberg (1998), en este artículo se calcula la centralidad de distribución de cada institución en la red de préstamos netos del mercado monetario¹³. El algoritmo HITS es una versión mejorada de la medida de centralidad a partir del *eigenvector* (vector propio) que comúnmente se utiliza, en la que la premisa principal consiste en identificar la importancia dentro de una red basada en un par de tesis circulares interdependientes: i) un participante es un buen distribuidor (*hub*) si señala buenas autoridades, y ii) un participante es una buena autoridad (*authority*) si está señalada por buenos *hubs*.

En el caso que nos ocupa, una institución financiera es un buen *hub* cuando: i) ha obtenido préstamos de varias contrapartes en el mercado monetario; ii) su obligación es significativa para el mercado monetario, o iii) en ambos casos; en tanto que una institución es una buena *authority* si: i) ha otorgado préstamos a muchas contrapartes en el mercado monetario; ii) si sus préstamos son significativos para el mercado monetario, o iii) ambas situaciones. En relación con su fundamentación matemática (por ejemplo, la centralidad de *eigenvector*), la importancia de una institución financiera es proporcional a la suma ponderada de la importancia de sus contrapartes en todas las adyacencias posibles, lo que permite capturar el papel global de cada una de las instituciones dentro de la red. Como anexo se ofrece una descripción formal de la autoridad de HITS y del concepto de centralidad de distribución.

2.1.2 La centralidad como originador de pagos en la red del sistema de pagos de alto valor

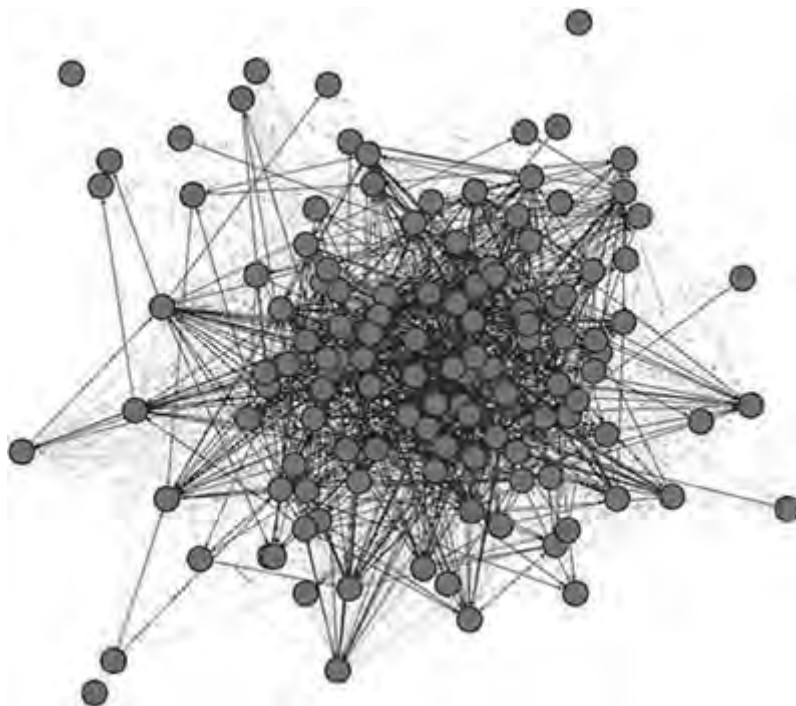
La segunda métrica consiste en estimar la centralidad de distribución de cada institución financiera dentro de la red del sistema de pagos de alto valor —large-value payments system (LVPS)—. Los datos son suministrados por el CUD, el único gran sistema de pagos de alto valor en el mercado financiero colombiano, en donde tiene lugar toda liquidación de efectivo (en moneda local). Al igual que el DCV, esta infraestructura de mercado financiero es operada por el Banco de la República.

Esta red está conformada por todos los pagos (liquidaciones en efectivo) entre instituciones financieras en el mercado local, donde todas pueden liquidar sus pagos directamente (es decir, en forma no intermediada). El Gráfico 2 muestra los pagos promedio

13 Hay otras alternativas disponibles; sin embargo, como lo presentan León y Pérez (2014), algunos de sus puntos débiles hacen que el algoritmo HITS sea particularmente atractivo. Por ejemplo, a diferencia de la centralidad de *eigenvector* estándar, HITS puede estimarse en redes dirigidas como la que se tenga a mano; a diferencia de *PageRank*, en el modelo no se introduce ninguna aleatoriedad con el fin de lograr convergencia, y a diferencia de la centralidad de Katz, no debería asignarse ninguna centralidad arbitraria para alcanzar la convergencia.

liquidados en junio de 2013, en donde la dirección y el ancho de la flecha corresponden a la dirección y el valor del pago, respectivamente.

Gráfico 2
Red de pagos de alto valor



Nota: una flecha desde i hasta j representa un pago de i a j . El ancho indica el valor del pago.

Fuente: estimaciones de los autores.

Existen varias ventajas al utilizar datos del sistema de pagos de alto valor: i) todas las transacciones entre instituciones financieras se liquidan en moneda local, en la que todas ellas son procesadas y registradas por un mismo sistema (el CUD); ii) como lo recalca Kodres (2009), la falla, quiebra o insolvencia no son las únicas fuentes de choques sistémicos. El hecho de omitir pagos o de dejar de pagar transacciones puede obstruir íntegramente el sistema financiero; iii) como lo admite Tumpel-Gugerell (2009), una institución en particular podría no ser sistémicamente importante no solo porque otras instituciones se encuentren financieramente expuestas a ella mediante posiciones de balance, sino también porque otros participantes del mercado dependen del continuo suministro de sus servicios.

De ahí que esta red tenga que considerarse como representativa de la conectividad entre instituciones financieras, en donde se espera que las entidades que más concentran pagos a otras contrapartes sean más importantes para todo el sistema de pagos, y por esta vía para todos los mercados donde se liquiden transacciones en moneda local

(por ejemplo, renta fija, mercado cambiario, acciones, mercado de derivados). Adicionalmente, la red puede ofrecer un indicio de la cantidad de servicios financieros provistos por cada institución, lo que representa una medida de su tamaño relativo dentro del sistema financiero, la cual no está basada en la información de sus estados financieros.

Además, calcular la centralidad de distribución en la red del sistema de pagos de alto valor no solo permite medir una fuente de conectividad comúnmente pasada por alto (p. e.: conectividad de pagos intradiarios) y del tamaño de las instituciones financieras, sino que también captura la sustituibilidad basada en las definiciones del BCBS (2013). En este sentido, mientras más central es una institución financiera dentro del sistema de pagos de alto valor, más puede ser considerada como una proveedora de servicios en la infraestructura, y por esta vía mayor será, entonces, la perturbación en el sistema financiero generada en caso de que esta institución tenga problemas.

Como en la métrica anterior, la importancia relativa de las instituciones que participan se mide con su *centralidad de distribución*. En consecuencia, una institución financiera es importante porque le paga a un gran número de contrapartes, porque a sus contrapartes pagan grandes volúmenes, o por ambas cosas, considerando la información de todas las órdenes de contrapartes adyacentes. De nuevo, debido a la fundamentación matemática de esta medida (p. e.: el vector propio de la matriz de pagos), la importancia de una institución es proporcional a la suma ponderada de la importancia de sus contrapartes en todas las proximidades posibles.

2.1.3 Valor de activos de los servicios financieros centrales

La tercera métrica corresponde a una versión ajustada de una de las dimensiones de la importancia sistémica de las instituciones financieras: el tamaño. Con base en el tamaño de los activos de las instituciones financieras, reportados en los estados financieros periódicos (en los balances, por ejemplo), la métrica elegida consiste en el valor de los activos que posee cada institución financiera, los cuales son susceptibles de quedar comprometidos en caso de su falla o caída, y que pueden llegar a causar algún tipo de ruptura o trastorno negativo en los mercados financieros y en el sector real. En este sentido, dicha métrica busca amoldarse al siguiente raciocinio: “mientras más grande sea [la institución financiera], más difícil resultará que sus actividades lleguen a ser reemplazadas prontamente por otras [instituciones] y, por lo tanto, mayor será la probabilidad de que sus dificultades, o su falla o su caída, causen perturbación en los mercados financieros en que opera” (BCBS-BIS, 2013: p.7).

Más precisamente, la métrica corresponde al valor total de los activos, descontando el efectivo, propiedades, planta y equipos¹⁴, donde tal compensación apunta a filtrar el tamaño de los servicios financieros centrales (por ejemplo, mercado monetario, crédito a empresas y a particulares) suministrados por cada firma al mercado financiero y al sector

14 “Bienes, planta y equipos” es un término empleado en los Estados Unidos, entre los establecidos por la Junta de Normas de Contabilidad Financiera —Financial Accounting Standards Board (FASB)— y las normas contables colombianas, y generalmente se refiere a cualquier estructura o equipo físico unido al bien raíz que no puede ser retirado ni usado en forma separada sin incurrir en costos considerables.

real, y limitarse exclusivamente al portafolio que podría emplearse en una venta forzada (*fire sales*) y, a su vez, causar efectos relacionados con espirales de liquidez. También, se espera que las instituciones que captan depósitos no posean o mantengan una considerable participación de depósitos y otras obligaciones a corto plazo en forma de efectivo o de propiedades, planta y equipos. De esta forma, esta métrica sirve para expresar el tamaño de los pasivos de las instituciones financieras que pueden estar en riesgo con respecto a sus contrapartes financieras y no financieras (hogares y compañías, por ejemplo)¹⁵.

3.1.4 Cómo hacer coincidir las medidas de la importancia con los criterios

Una sola métrica de importancia sistémica puede capturar uno, dos o tres de sus criterios o dimensiones, lo que dificulta definir con precisión los límites de cada una de dichas dimensiones. En el caso de las tres medidas escogidas, es posible (y además ilustrativo) resumir el aporte a la correspondiente evaluación que se espera de ellas, como sigue en el Cuadro 1.

Cuadro 1

En qué forma se relacionan las medidas de importancia sistémica con los criterios del FMI *et al.* (2009) y Manning *et al.* (2009)

Medidas / criterios	Criterios del FMI <i>et al.</i> (2009) y Manning <i>et al.</i> (2009)		
	Tamaño	Conectividad	Sustituibilidad
La centralidad como prestatario neto en la red del mercado monetario			
La centralidad como originador de pagos en la red del sistema de pagos de alto valor (<i>large value payments system</i>)			
Valor de los activos de los servicios financieros centrales			
Capturados directamente			
Capturados indirectamente			

Fuente: diseño de los autores.

El tamaño es capturado directamente por la métrica del valor de los activos de los servicios financieros centrales y constituye una medida directa de la perturbación potencial generada por el volumen de servicios financieros suministrados por cada institución financiera a la economía en su conjunto (por ejemplo, préstamos, retiro de depósitos), y

15 Para el período analizado (junio de 2013) el coeficiente de correlación estimado entre el valor de activos de los servicios financieros centrales y de los depósitos es cercano a uno. Esta estimación está restringida a instituciones autorizadas para captar depósitos del público (como los establecimientos de crédito, por ejemplo).

del potencial latente para afectar el funcionamiento normal de los mercados financieros por causa del volumen de activos financieros que posee (y que podría llegar a vender bajo circunstancias críticas). Sin embargo, las dos medidas relacionadas con la centralidad de distribución capturan también el tamaño relativo de cada institución financiera, en la cual la centralidad capta tanto la importancia de su endeudamiento neto dentro del mercado monetario como la de sus pagos dentro del sistema de los pagos de alto valor.

La conectividad, la cual busca medir la importancia sistémica relacionada con el número y el volumen de los vínculos que tiene una institución financiera, es capturada directamente por dos medidas: i) la centralidad como prestatario en la red del mercado monetario, y ii) la centralidad como originador de pagos en la red del LVPS. Ambas medidas se basan en la centralidad de distribución. Mientras mayor sea el número y el volumen de los vínculos con respecto a las proximidades de diferentes órdenes, mayor será la centralidad de distribución.

Adicionalmente, el valor de los activos de los servicios financieros centrales comprende el volumen de activos financieros que cada institución posee, lo que podría ser visto como una medida del efecto potencial que podría causarse indirectamente a otros agentes de la economía (por ejemplo, otras instituciones financieras, hogares, compañías) si la institución en problemas se ve obligada a vender forzosamente sus activos (*fire sales*). En otras palabras, ya que el valor de los activos de los servicios financieros comprende el volumen de los títulos-valores en posición propia en circulación, dicha medida capta de manera parcial el contagio potencial que se puede dar mediante un efecto negativo sobre los precios. En este sentido, bajo las definiciones del BCBS (2013), podría verse también como medida de interconectividad.

Dado que se espera que la sustituibilidad esté relacionada en forma positiva con el papel de las instituciones financieras como participantes en el mercado y proveedores de servicios a los clientes (BCBS, 2013), ambas medidas basadas en la centralidad capturan dicho papel dentro del mercado monetario y del sistema de pagos. El fundamento matemático de la centralidad de distribución, que se basa en que la importancia de una entidad es proporcional a la de sus contrapartes en las proximidades de todo orden posible, implica que la importancia general de cada institución financiera en el mercado monetario y en el sistema de pagos genera puntuaciones más altas a bajos niveles de sustituibilidad.

Pese a la indiscutible pertinencia de la sustituibilidad como factor de importancia sistémica, su medición desde una perspectiva de red no resulta nada sencilla. Como ya se ha comentado, Inaoka *et al.* (2004) señalan que las redes financieras pueden ser reconfiguradas rápidamente con la apropiada intervención de las autoridades financieras ya sea para rescatar a la institución que se encuentre en dificultades o apoyar a las restantes. En este sentido, la regulación puede lidiar de manera parcial con la sustituibilidad mediante la efectiva reconfiguración de las redes financieras.

En el caso colombiano la regulación puede llegar a facilitar la reconfiguración debido a la segregación de los activos del cliente (por ejemplo, la tenencia de activos de propiedad queda separada de la de sus clientes)¹⁶ y a la existencia de mecanismos de resolución

16 En French *et al.* (2010:73) se subraya la importancia de la segregación de los activos “*en caso de quiebra [...] el cliente sigue siendo el dueño de los títulos-valores en una cuenta segregada [...] Si los activos no están segregados, el cliente solamente asume un derecho contractual*”. Por otra parte, debido a la segregación de los

(como transferir a una institución sólida los activos, pasivos y contratos de la institución en dificultades), mientras que la solidez de las infraestructuras de mercado financiero y sus sistemas de pago y liquidación permite que los participantes en el mercado “continúen realizando operaciones a sabiendas de que las transacciones con seguridad serán liquidadas y compensadas sin dificultad” (Dudley, 2012: 4).

Por otra parte, dado que el tamaño relativo de cada institución financiera, medido con el valor de los activos de los servicios financieros centrales, considera igualmente su papel como participantes y proveedores de liquidez en mercados cruciales (p. e.: vivienda y préstamos comerciales). En consecuencia, esta métrica del tamaño captura en cierto grado la sustituibilidad de la entidad.

Tal como se presentan en el Cuadro 2, las tres medidas de la importancia sistémica son también coherentes con la Ley Dodd-Frank para la reforma de Wall Street y la Ley de Protección al Consumidor¹⁷.

Cuadro 2

En qué forma se relacionan las medidas de importancia sistémica elegidas con los criterios provenientes de la Ley Dodd-Frank

Medidas / criterios	Criterios de la Ley Dodd-Frank			
	Valor monetario agregado de las transacciones	Exposición agregada frente a las contrapartes	Interdependencias e interacciones con otros participantes	Efecto en mercados críticos e instituciones, y en el sistema
La centralidad como prestatario neto en la red del mercado monetario				
La centralidad como originador de pagos en la red de los pagos de alto valor				
Valor de los activos de los servicios financieros centrales				
Capturados directamente				
Capturados indirectamente				

Fuente: diseño de los autores.

activos dentro del marco de la regulación colombiana, los de terceros (clientes, por ejemplo) no se toman en cuenta en esta propuesta.

17 La Ley Dodd-Frank para la reforma de Wall Street y la Ley de Protección al Consumidor de 2010 (The 2010 Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act; en adelante: Ley Dodd-Frank), es la respuesta legislativa de los Estados Unidos al más reciente episodio de crisis financiera internacional. Su mayor objetivo consiste en promover la estabilidad financiera estadounidense. La sección 804 de la ley aborda las consideraciones principales al designar la importancia sistémica.

Es importante resaltar que la elección de los indicadores o medidas utilizadas obedece a varias consideraciones. Lo primero, y posiblemente más relevante, consiste en que las medidas empleadas permiten evaluar de manera simultánea la importancia sistémica de las instituciones bancarias y no bancarias¹⁸. A diferencia de la mayoría de los modelos existentes sobre evaluación de importancia sistémica, que se centran en instituciones bancarias (como en BCBS, 2013), se considera que es indispensable poder evaluar la importancia sistémica de instituciones bancarias y no bancarias, simultáneamente. Tal como lo han demostrado los sucesos recientes concentrados en entidades no bancarias (LTCM, Lehman, AIG, Bear Sterns, Freddie Mac y Fannie Mae, por ejemplo), y como lo plantean Ötcher-Robe *et al.* (2011), resulta esencial mejorar la comprensión del sistema bancario paralelo (o en la sombra) para evitar que instituciones no bancarias vayan ganando importancia inadvertidamente. En segundo lugar, las medidas utilizadas tienen en cuenta un modelo parsimonioso y flexible, lo que permitiría un continuo monitoreo (por ejemplo mensual) de la importancia sistémica de las instituciones financieras. Y en tercer lugar, las medidas empleadas resultan convenientes cuando se quiere comparar resultados en diferentes sistemas financieros.

2.2 Agregando las medidas de importancia sistémica

Con base en los métodos del sistema de inferencia de lógica difusa (FLIS) y de análisis de componentes principales (PCA) propuestos respectivamente por León y Machado (2013) y León y Murcia (2013), en esta sección se describen los procedimientos de agregación que muestran los dos índices de importancia sistémica aquí sugeridos.

2.2.1 Sistema FLIS

El concepto fundamental de “pertenencia” en teoría básica de conjuntos establece que un elemento pertenece o no a un conjunto determinado. Este tipo de conjunto, descrito mediante una definición inequívoca y unos límites, se conoce como conjunto ordinario o nítido, y se caracteriza por una pertenencia discreta bivariada (sí o no, 1 o 0, verdadero o falso) y lógica clásica booleana o aristotélica.

Al contrario de los conjuntos ordinarios, Zadeh (1965) reconoció el hecho de que, en realidad, existen elementos caracterizados por funciones de pertenencia que no son discretos sino continuos, en los que hay grados diferentes de pertenencia entre sí o no, 1 o 0, verdadero o falso¹⁹; en este tipo los límites no son claros, de modo que Zadeh los llamó conjuntos difusos.

18 Sin embargo, es posible desglosar cada indicador clave en otras medidas (más específicas), como lo sugiere el documento del BCBS (2013). No obstante, tal descomposición puede resultar en una preferencia implícita por evaluar la importancia sistémica de ciertos tipos de institución financiera (bancos comerciales, por ejemplo), pasando por alto otras entidades que pueden ser relevantes (sociedades comisionistas de bolsa, fondos de pensiones). Por ende, se sugiere emplear medidas generales (de amplio espectro) al implementar el modelo propuesto inicialmente y, de ser necesario, ir aumentando su especificidad.

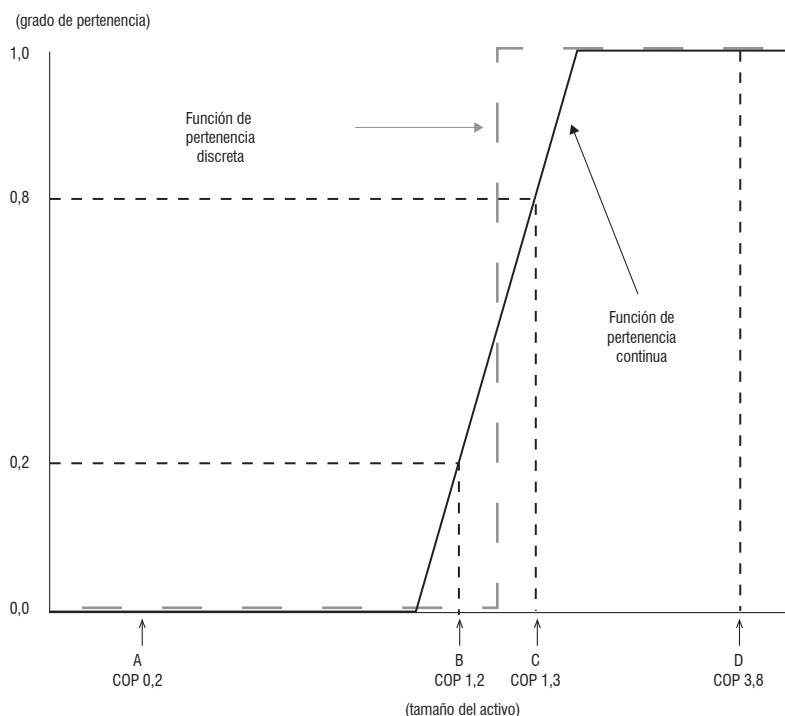
19 Una función de pertenencia es la línea que define la transición entre conjuntos, de este modo mapeando el grado de pertenencia de sus elementos, una función de pertenencia típica de los conjuntos difusos reconoce que los elementos pueden pertenecer a diferentes categorías en cierto grado, de forma moderada y continua.

Como lo expresan Sivanandam *et al.* (2007), el mejor aporte del concepto de conjunto difuso es la capacidad de modelar información incierta y ambigua, tal como casi siempre se encuentra en la vida real.

En este estudio sería difícil catalogar a una institución financiera como demasiado grande para caer con base en un umbral único definido por el tamaño de sus activos, como lo sugieren Saunders *et al.* (2009). El Gráfico 3 compara una función de pertenencia discreta típica de los conjuntos ordinarios con una de pertenencia continua de conjuntos difusos, donde el criterio utilizado corresponde al tamaño de los activos de las instituciones financieras.

La función de pertenencia discreta (línea de puntos) puede mostrar resultados no intuitivos e imprácticos que podrían desorientar gravemente el análisis y la toma de decisiones de las autoridades financieras: i) pese a ser claramente diferentes, las instituciones A y B son vistas como no sistémicamente importantes; ii) el tamaño de la institución C, pese a no ser muy diferente del de la B, se considera como suficiente para catalogar a una institución como demasiado grande para caer, y iii) no obstante que la D es mucho más grande que la C, ambas entidades son catalogadas como igualmente importantes, en razón de su tamaño.

Gráfico 3
Tamaño de los activos como variable ordinaria y difusa



Fuente: diseño de los autores.

Por otro lado, una simple función de pertenencia continua que le aplica al riesgo sistémico el mismo criterio de demasiado grande para caer, muestra resultados más intuitivos y prácticos. La institución A es vista como no sistémicamente importante, con un grado nulo de pertenencia en el criterio de tamaño. La institución B, así como la C, en cierta medida, son sistémicamente importantes, y donde el grado de pertenencia de la B para el criterio “demasiado grande para caer” (20%) es inferior al de la C (80%). Por su lado, el tamaño de la D corresponde inequívocamente (100%) a una institución sistémicamente importante al utilizar el criterio de tamaño.

Es posible notar que la pertenencia al conjunto establecido por el tamaño no está claramente limitada, es una cuestión de grado, y queda mejor descrita mediante un conjunto difuso. Resulta sencillo aplicar la misma lógica a otros criterios como los de conectividad y sustituibilidad. Este hallazgo es bastante importante puesto que, como lo hacen notar el IMF *et al.* (2009), evaluar la importancia sistémica de una institución financiera no es una cuestión binaria.

Adicionalmente, con el fin de obtener una mayor generalidad de los resultados, así como un más alto poder explicativo, es posible emplear una mezcla de funciones de pertenencia continua para caracterizar aún más el grado de clasificación de las instituciones²⁰. De esta forma, se obtiene una metodología más aplicable al mundo real que permite explotar mejor la tolerancia de la imprecisión en el sentido de Klir y Yuan (1995). Esta combinación se presenta en el Gráfico 4.

Se emplean tres funciones de pertenencia trapezoidal con tres categorías para tamaño (bajo, mediano, alto) en lugar de usar una sola (v. g.: grande), donde el valor nominal del tamaño (mil millones de dólares, por ejemplo) se reemplaza con un índice²¹ de tamaños que va desde 0 hasta 10. Todas estas tres funciones de pertenencia trapezoidal tienen la misma forma matemática dividiendo el rango numérico del eje x en tres rangos no simétricos. Esta división produce la posibilidad de observar características superpuestas, lo cual se requiere para que exista una función global continua²².

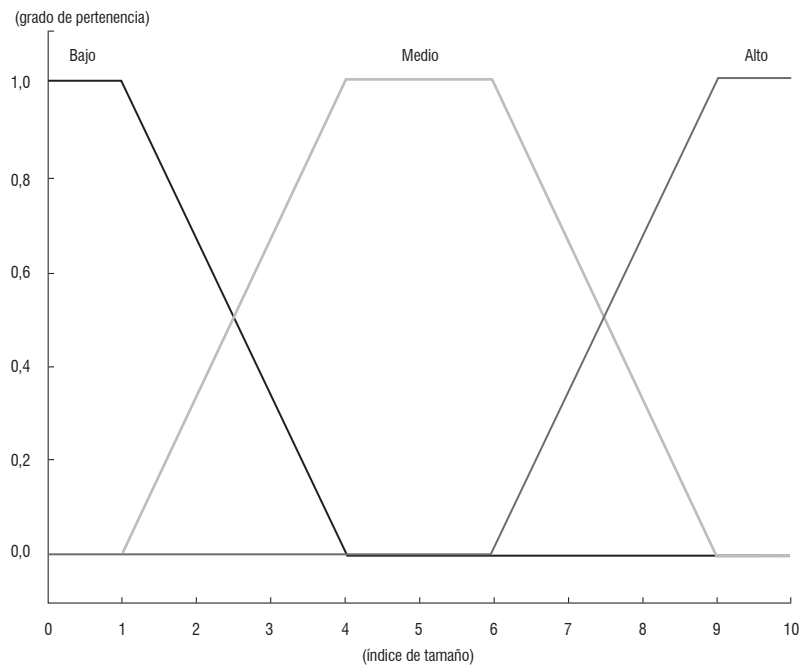
Este procedimiento, que consiste en la conversión de una cantidad determinada de categorías en una serie de conjuntos difusos apropiados mediante el uso de funciones de pertenencia, se conoce como *fuzzification* (Sivanandam *et al.*, 2007; Klir y Yuan, 1995; McNeill y Thro, 1994). Una peculiaridad interesante de este procedimiento es que los modelos lógicos difusos (*fuzzy logic models*) son raramente sensibles a la escogencia de la función de pertenencia (Cox, 1994), lo que los hace bastante robustos.

20 La escogencia de la función de pertenencia es de algún modo arbitraria, pero debe ser hecha pensando en la simplicidad, la conveniencia, la velocidad y la eficiencia (Mathworks, 2009).

21 El índice del tamaño consiste en una estandarización típica de los valores nominales del tamaño de los activos para cada institución considerada; a la mayor de ellas se le asigna un valor máximo de índice (10 en este caso) y al resto se les fija el suyo por medio de interpolación lineal. Como se explicará, esta estandarización es sencilla y facilita las comparaciones y los cálculos.

22 Cox (1994) subraya que debe prestarse especial atención a la superposición o solapamiento entre funciones de pertenencia: este es un resultado natural de la confusión o *fuzziness* y de la ambigüedad asociadas con la segmentación y clasificación de un espacio continuo.

Gráfico 4
El tamaño de los activos como variable difusa



Fuente: diseño de los autores.

En lo que concierne a la lógica empleada para evaluar proposiciones, los conjuntos ordinarios dependen de la *lógica ordinaria*, también conocida como clásica, aristotélica o booleana, la cual concibe el universo en términos de categorías estructuradas en los que un elemento es o no un miembro de un conjunto. En este caso se utilizan los operadores lógicos AND, OR y NOT, que respectivamente corresponden a conjunción, disyunción y complemento. Bajo este enfoque las proposiciones se evalúan de la forma como se ilustra en el Cuadro 3.

Cuadro 3
Operadores lógicos ordinarios

Conjunción			Disyunción			Complemento	
A	B	A y B	A	B	A o B	A	No A
0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1		
1	1	1	1	1	1		

Fuente: Reveiz y León (2010), basados en Mathworks (2009).

Los conjuntos ordinarios pueden considerarse como un caso particular de conjuntos difusos en los que los grados de pertenencia se ven restringidos a dos alternativas extremas (0 o 1). Como resultado, la escogencia de los operadores lógicos difusos debe poder preservar los operadores lógicos ordinarios para pertenencia bivariada, como en el Gráfico 5 y ser capaces de evaluar grados multivariados de pertenencia. Esto se logra típicamente utilizando el operador $\min(\cdot)$ en lugar de AND como conjunción, $\max(\cdot)$ en lugar de OR como disyunción y $1-(\cdot)$ en lugar de NOT para complemento.

La existencia de estos operadores de lógica difusa permite desarrollar y evaluar reglas de inferencia difusa, que son aquellas que derivan verdades a partir de verdades expuestas o comprobadas (McNeill y Thro, 1994). El conjunto de reglas de inferencia difusa o de base de conocimiento que contiene el entendimiento general correspondiente al dominio del problema conecta antecedentes con acciones (Klir y Yuan, 1995). Si A y B son conjuntos difusos (*fuzzy sets*), la siguiente es la forma más simple de una regla de inferencia difusa:

si A, entonces B

Con respecto al caso que nos ocupa, con los tres criterios previamente considerados las reglas pueden verse como sigue:

Si el tamaño es [bajo / medio / alto] y...

La sustituibilidad es [baja / media / alta] y...

La conectividad es [baja / media / alta],

Entonces la importancia sistémica es...

[muy baja / baja / media baja / media alta /, alta / muy alta]

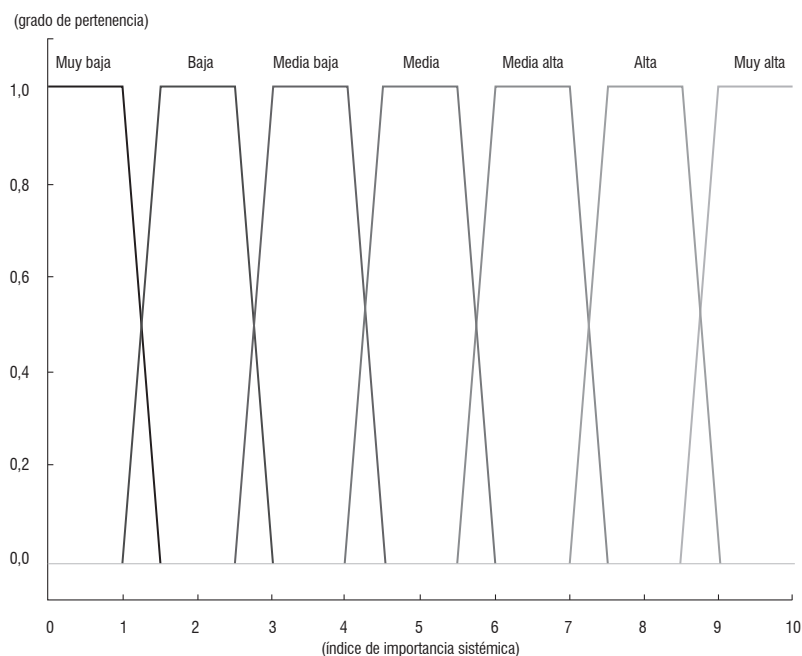
Las reglas de inferencia son el resultado de un conocimiento experto y tratan de imitar las capacidades del razonamiento humano. Cox (1994) afirma que el proceso de construir una base de conocimiento mediante el diseño de reglas de inferencia difusa obliga a los expertos a “recomponer” su conocimiento experto, lo que desemboca en un considerable beneficio proveniente de la modelación de sistemas difusos. En otras palabras, se busca codificar directamente el conocimiento en una forma muy cercana a la manera como los propios expertos piensan con respecto al proceso de decisión²³; esto se conoce comúnmente como “razonamiento aproximado” (Serrano y Seraji, 2007).

Como lo subrayan Sivanandam *et al.* (2007), la principal debilidad de un sistema de lógica difusa son sus reglas. Unas reglas “inteligentes” dan lugar a sistemas “inteligentes”. En el caso de no definir las reglas adecuadamente, se obtienen sistemas no tan inteligentes. Bojadziev y Bojadziev (2007) resaltan el papel que tienen tanto la experiencia como las nociones de los expertos cuando desarrollan la base de conocimientos, puesto que ellos son designados para establecer el objetivo del sistema.

23 Cox (1994) recalca que los sistemas expertos y de decisión convencionales fallan porque obligan a los expertos a dicotomizar nitidamente las reglas, lo que desemboca en su innecesaria multiplicación, así como en la incapacidad de articular soluciones a problemas complejos.

La evaluación de las reglas de inferencia se realiza por un motor de procesamiento de inferencia difusa, basado en los operadores lógicos difusos previamente definidos. Este motor tiene a su cargo la evaluación del grado de entrada (*input*) de la pertenencia a los conjuntos difusos de salida (*output*) de acuerdo con todas las reglas de inferencia (Gráfico 5), en las que dicha evaluación se realiza simultáneamente²⁴. Como lo muestra el Gráfico 5, en este caso el conjunto de salida consiste en una combinación de las seis funciones de pertenencia trapezoidal de importancia sistémica: [*muy baja* / *baja* / *media baja* / *media alta* / *alta* / *muy alta*]²⁵.

Gráfico 5
Importancia sistémica de una variable difusa (*fuzzy variable*)



Fuente: diseño de los autores.

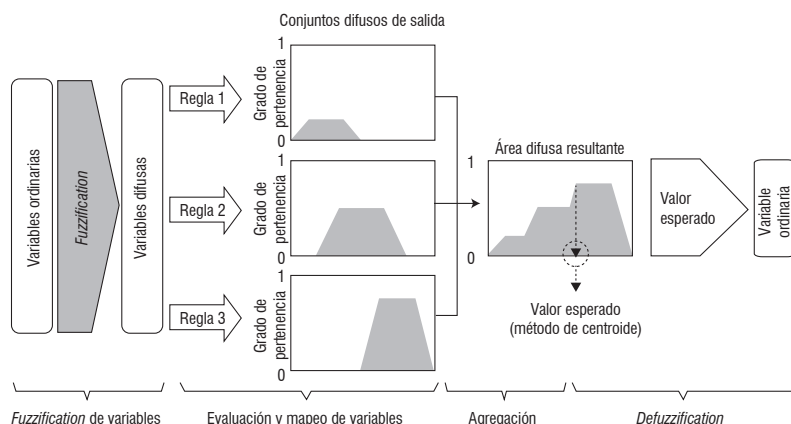
24 Según Cox (1994), la mayor diferencia entre sistemas expertos convencionales y un sistema experto difuso está en que este último permite evaluar las diferentes reglas de inferencia simultáneamente que, comparadas con la evaluación serial de los convencionales, tiene la ventaja de poder examinar todas las reglas y su impacto en el espacio de salida.

25 La escogencia del número de funciones de pertenencia (entrante y saliente) obedece a dos criterios. El primero consiste en que el número de funciones de pertenencia debe permitir una caracterización y una diferenciación detalladas de lo que es una institución sistémicamente importante. El segundo se refiere a que el número de funciones de pertenencia debe ser limitado con el fin de evitar una complejidad innecesaria para el modelo y más bien facilitar la deconstrucción del conocimiento experto. Como en el Gráfico 4, el rango del eje x está dividido para preservar la forma matemática de todas las funciones de pertenencia trapezoidal y obtener la característica de sobreposición o solapamiento requerido para que exista una función global continua.

Cada vez que el motor de procesamiento de la inferencia difusa evalúa un grado de pertenencia del insumo o aporte a las reglas de inferencia, mapea cada variable de solución dentro de su correspondiente conjunto de salida difuso, donde el número resultante de todos ellos coincide con el de las reglas de inferencia empleadas para evaluar las entradas.

Por ejemplo, como se ilustra en la parte izquierda del Diagrama 1, evaluar y mapear una entrada con tres reglas de inferencia resultaría en tres conjuntos de salida difusos, cuya agregación produce el área difusa resultante, la cual contiene la información del grado de pertenencia (o verdad) de las entradas (o proposiciones) luego de la evaluación simultánea de las reglas de inferencia.

Diagrama 1
Sistema de inferencia de lógica difusa



Fuente: Reveiz y León (2010).

Posteriormente, puesto que se requiere un indicador sencillo (p. e.: un índice), debe calcularse el mejor valor representativo (v. g.: el valor esperado) de la región de salida difusa. Este proceso se conoce como *defuzzification* y corresponde al cálculo del valor esperado del resultado (Cox, 1994).

Según Sivanandam *et al.* (2007), Klir y Yuan (1995) y Cox (1994), el método de *defuzzification* más utilizado es el *centroide*, conocido también como el método de centro de la gravedad o método de centro de área²⁶. Se calcula como el promedio ponderado

26 Cox (1994) destaca la consistencia del enfoque del centroide, dada su sensibilidad con respecto al alto y al ancho de la región difusa total y los moderados cambios en el valor esperado del resultado en las observaciones, comportándose de manera similar a las estimaciones bayesianas; es decir, que selecciona un valor que está apoyado por el conocimiento acumulado a partir de cada proposición ejecutada. Cox hace hincapié igualmente en que, a menos que existan razones para creer que el modelo exige un método más avanzado o especializado de *defuzzification*, debe entonces limitarse ya sea al método centroide o al del principio de max-pertenencia (*max*

de la región difusa de salida, y corresponde al punto en el eje x que la divide en dos subáreas iguales (Diagrama 1).

En este estudio el resultado de la *defuzzification* constituye un nivel de índice de importancia sistémica, como se muestra en el eje x del Diagrama 1. Este nivel de índice corresponde a una evaluación cuantitativa de la importancia sistémica de cada institución relativa, con base en sus entradas (medidas) y conocimiento experto incorporado al conjunto de reglas difusas.

Finamente, de acuerdo con McNeill y Thro (1994), la combinación de reglas de inferencia difusa, el motor de procesamiento de la inferencia difusa (basado en operadores lógicos difusos) resulta en un sistema experto difuso. Conjuntamente, como en el Diagrama 1, el empleo de un sistema experto difuso y de la teoría de conjuntos difusos produce un sistema de inferencia de lógica difusa (FLIS).

La lógica difusa ha sido empleada exhaustivamente en el mundo real, en especial en el contexto de la ingeniería con el propósito de controlar sistemas en los que, por lo menos hasta cierto punto, la sincronización y el nivel de las entradas sean inciertos (Cruz, 2002). Entre sus aplicaciones más importantes se encuentra el diseño de *software* de la NASA para el aterrizaje autónomo, seguro y confiable de naves espaciales y la navegación de vehículos *rover* (Serrano y Seraji, 2007; Howard y Seraji, 2002 y 2000; Tunstel *et al.*, 2001; Seraji, 2000), junto con las cotidianas para la medicina, la industria automotriz, el tratamiento de aguas, el control de tráfico aéreo y terrestre, y el diseño de electrodomésticos (Sivanandam *et al.*, 2007; von Altrok, 2002 y 1996; Klir y Yuan, 1995; McNeill y Thro, 1994). Su aplicación a las finanzas y la economía se relaciona con seguros, detección de fraudes en tarjetas de crédito, análisis de riesgos crediticios, calificación de bonos y riesgo operacional (Revez y León, 2010; Bojadziev y Bojadziev, 2007; Bundesbank, 1999; McNeill y Thro, 1994).

Hasta donde sabemos, en León y Machado (2013) se encuentra el primer intento de utilización de un FLIS destinado a agregar medidas o factores de importancia sistémica dentro de un solo índice de importancia sistémica para instituciones financieras.

2.2.2 Análisis de componentes principales (PCA)

El objetivo del análisis de componentes principales (PCA) consiste en disminuir la dimensionalidad de datos altamente correlacionados, buscando un número reducido de combinaciones lineales que representen la mayor parte de la variabilidad de los datos (McNeil *et al.*, 2005). Por otro lado, como lo describen Campbell *et al.* (1997), el PCA es una técnica que permite disminuir el número de variables que estén siendo analizadas, sin perder demasiada información en la matriz de covarianza.

El caso en cuestión resulta particularmente apropiado para el uso de PCA, puesto que hay tres medidas relacionadas con la importancia sistémica para un conjunto de instituciones financieras, y se desconoce el esquema de ponderación. Por tanto, el objetivo

membership principle). Sivanandam *et al.* (2007), Klir y Yuan (1995) y Cox (1994) hacen referencia a otros métodos menos comunes.

principal consiste en construir una medida consolidada de importancia sistémica tomando en cuenta el conjunto de medidas escogido.

Si R_i representa el conjunto original de variables con dimensión $(i \times n)$ y Ω su matriz de covarianza de la muestra con dimensión $(n \times n)$, el modelo PCA emplea la descomposición espectral de la Ω positivamente semidefinida y simétrica como en (1), donde Λ corresponde a una matriz diagonal de valores propios de Ω , y Γ es una matriz ortogonal que satisface a $\Gamma\Gamma' = \Gamma\Gamma' = I_n$, cuyas columnas son valores propios de Ω .

$$\Omega = \Gamma\Lambda\Gamma' \quad (1)$$

Si la matriz diagonal de valores propios (Λ) se ordena de manera que $\lambda_1 \geq \lambda_2 \dots \lambda_n$, la primera columna en Γ corresponde al vector propio de Ω . El vector propio principal (Γ_1) puede ser visto como el más esencial del sistema o como primer componente principal, el cual tiene la capacidad de explicar la mayoría del sistema subyacente, donde es posible considerar las puntuaciones ordenadas n a cada elemento como sus ponderaciones dentro de un índice. Al igual que en McNeil *et al.* (2005), el primer vector de las cargas es ponderado positivamente y puede ser considerado como si describiera alguna clase de índice.

En cuanto a la facultad explicativa del vector propio principal, es usual calcular la relación en (2) que muestra el aporte de este a la suma de los valores propios.

$$\varpi_{\lambda 1} = \frac{\lambda_1}{\sum_{k=1}^n \lambda_k} \quad (2)$$

Si la combinación lineal expresada en el primer vector propio (Γ_1) puede explicar una fracción representativa de la información de la matriz de covarianza (p. e.: si $\varpi_{\lambda 1} \gg n^{-1}$), entonces resulta apropiado emplear el primer componente principal con el fin de asignar un peso apropiado a las diferentes variables. Como resultado podemos resumir en forma efectiva la información implícita de distintas características e individuos de manera lineal, donde el uso de PCA describe los componentes principales como factores dentro de un sistema (como en McNeil *et al.*, 2005).

La metodología del PCA se ha aplicado ampliamente en numerosos campos. Por lo común, el principal objetivo consiste en construir una medida agregada combinando características diferentes que pueden correlacionarse. Se enuncian con propósitos ilustrativos algunas aplicaciones relacionadas con base en PCA: la construcción de un índice para calidad de universidades internacionales (Steiner, 2006); índices de riqueza de los hogares para la India (Filmer y Pritchett, 1998); índices bursátiles (Feeney y Hester, 1964; McNeil *et al.*, 2005); un índice de historia de la calificación crediticia de préstamos otorgados por instituciones financieras a particulares en Colombia (Murcia, 2007); un índice compuesto para medir la actividad económica (FRB of Dallas, 2003); un índice de confianza del sector empresarial real para Turquía (Oral *et al.*, 2005); un índice para medir la tensión de los mercados financieros (Amol, 2010); un índice de estabilidad financiera para Colombia (Morales y Estrada, 2010) y, entre muchos otros, índices de condiciones financieras para diferentes países (Hatzius *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2011).

El enfoque del PCA ya ha sido empleado también en la literatura de riesgo sistémico. Por ejemplo, para capturar la importancia sistémica de las instituciones financieras

en los Estados Unidos, Billio *et al.* (2010) usaron esta técnica con el fin de captar la interconectividad entre los rendimientos mensuales de fondos de cobertura, bancos, corredores y seguros. Rodríguez-Moreno y Peña (2011) estudian y comparan distintas medidas de riesgos sistémicos para los bancos más grandes de Europa y los Estados Unidos. Ellos encuentran que las medidas más sencillas basadas en el análisis de componentes principales de *credit default swaps* (CDS) de los bancos y tasas interbancarias obtienen mejores resultados que otras mediciones más complejas basadas en modelos estructurales de riesgos crediticios (à la Merton, 1974), índices de obligaciones de deuda garantizadas (CDO) y sus tramos, densidades multivariadas (MD) y medidas de CoVaR. Adicionalmente, De Cadenas *et al.* (2010) utilizaron el PCA con el fin de identificar y evaluar diferentes fuentes de riesgo cuando se identifica el carácter sistémico de una entidad. Su análisis muestra que todas las instituciones consideradas contribuyen al riesgo sistémico, aunque en distinto grado, dependiendo de varios factores riesgosos como tamaño, interconexión, sustituibilidad, balance general y calidad. En Kritzman *et al.* (2011) se introduce un concepto útil denominado “relación de absorción” como una medida de fragilidad financiera. Esta relación se define como la proporción de la varianza que se explica mediante un número finito de vectores propios. En palabras de los autores (Kritzman *et al.*, 2011: 115), “un alto valor para la relación de absorción corresponde a un alto nivel de riesgo sistémico [,] puesto que implica que sus fuentes de riesgo se encuentran más unificadas [mientras que] una baja relación de absorción indica menor riesgo sistémico porque implica que las fuentes del mismo son más dispares”. Kritzman *et al.* (2011) subrayan el hecho de que los escenarios con un riesgo sistémico más alto no necesariamente conducen a depreciación en el precio de los activos o escenarios de turbulencia financiera; esto simplemente podría tratarse de un indicio de la fragilidad de mercados, puesto que hay mayor probabilidad de que un choque negativo se propague rápida y generalizadamente cuando las fuentes de riesgo se encuentran interrelacionadas.

No obstante, hasta donde sabemos, esta metodología ha sido empleada únicamente por León y Murcia (2013) para evaluar la importancia sistémica de las instituciones financieras. La idea básica consiste en combinar de manera apropiada las medidas que están asociadas con las características identificadas por la literatura como aquellas que determinan la importancia sistémica (es decir, tamaño, conectividad y sustituibilidad), para luego para construir un índice basado en el PCA, utilizando los factores de [puntuación] del componente principal. El valor del índice permitiría clasificar instituciones financieras diferentes según su importancia sistémica.

2.2.3 Cómo equilibrar los métodos de agregación

Cabe destacar tres ventajas que resultan de usar el conocimiento experto dentro del sistema de inferencia de la lógica difusa propuesto (FLIS). Para empezar, dismantelar o deconstruir tal conocimiento permite reconocer las características principales del sistema financiero analizado. Es más probable descubrir que los sistemas financieros de dos países distintos producen dos conjuntos diferentes de reglas de inferencia, incluso cuando el panel de expertos es el mismo en ambos casos. Igualmente, es normal encontrar que el mismo sistema financiero da lugar a distintos conjuntos de reglas de inferencia a lo largo

del tiempo, en los cuales la evolución del marco institucional, los participantes, los productos, los servicios y la regulación explicarían esa dinámica. Es por ello que el conocimiento experto proveniente del Banco de la República es pertinente solo para el actual caso colombiano.

En segundo lugar, a diferencia de un método de ponderación²⁷, en el que el índice agregado es el resultado de la suma ponderada lineal de todas las medidas, deconstruir el conocimiento experto permite capturar no linealidades que surgen de acumular medidas. Ésta es una característica conveniente, puesto que intuye que se espera que el impacto sistémico resultante de la fusión de dos instituciones financieras sea más alto que la suma ponderada de su importancia sistémica, lo cual difiere de lo utilizado en la teoría de portafolio, donde la suma de activos puede dar como resultado una volatilidad igual o inferior. De esta forma, agregar instituciones financieras (v. g.: sus medidas) puede llegar a desembocar en una mayor importancia sistémica.

En tercer lugar, a diferencia de un enfoque de ponderación fija donde las ponderaciones permanecen constantes para distintas combinaciones de medidas, deconstruir el conocimiento experto permite capturar efectos no lineales resultantes de combinarlas. Por ejemplo, resulta intuitivo considerar que mientras más grande o más conectada sea una institución, más importante será su grado de sustituibilidad. Dicha dimensión puede no ser un factor significativo cuando el aporte de la institución al sistema de pagos sea bajo, pero puede llegar a ser decisiva cuando tal contribución es alta. De esta forma, un enfoque de ponderación simple puede ignorar este tipo de no linealidades, las cuales se pueden capturar deconstruyendo el juicio de los expertos.

En general, estas tres ventajas permiten que el FLIS propuesto facilite un marco cuantitativo (por medio de *fuzzification* y *defuzzification*), con el fin de agregar intuitiva y no linealmente las medidas de cada institución financiera (es decir, el aporte cuantitativo) con base en los criterios de los expertos (el aporte cualitativo). Por tanto, a diferencia de emplear el conocimiento experto o métodos cuantitativos estándar con el fin de determinar “el conjunto apropiado de ponderaciones” para agregar cada métrica, esta propuesta está más cerca de capturar la complejidad estática (Casti, 1979) que emerge de la relación existente entre las medidas que interactúan y la importancia sistémica (es decir, que el *output* o resultado de salida es una función compleja del *input* o insumo).

Sin embargo, pese a las ventajas del FLIS, la importancia de cada variable de entrada o métrica no es comprobada (se sustenta en el conocimiento experto), y la ponderación asignada a cada una no es observable. El método de agregación del PCA supera algunas de estas limitaciones, como se explica a continuación:

Primero, por medio de construcción, el mayor componente principal (Γ_1) provee un conjunto de valores para cada métrica de importancia sistémica, lo que permite observar las ponderaciones que el método le asigna a cada una dentro de un marco de agregación

27 El documento de BCBS (2013) sugiere un enfoque de ponderación arbitraria, igual y fija (es decir, cinco medidas asignándole a cada una ponderación de 20%). Además de no poder capturar no linealidades surgidas de combinar medidas, esta propuesta puede llegar a ser muy simplista, pues no queda claro si todos los criterios son igualmente importantes para todos los mercados o en todo momento. Como se sugiere en IMF *et al.* (2009), en cualquier evaluación de importancia sistémica se requiere un alto grado de valoración fundamentada en un conocimiento detallado del funcionamiento del sistema financiero.

lineal. Esto puede ser importante, puesto que una ponderación particularmente baja en el mayor componente principal es capaz de revelar la redundancia o la falta de importancia de la métrica correspondiente, información que no se obtiene por el método del FLIS.

En segundo lugar, el aporte del primer componente principal o primer valor propio (ϖ_{λ_1}) facilita una medida de su facultad explicativa, lo cual permite evaluar cuantitativamente la idoneidad de este método de agregación. Vale la pena recordar que el método de agregación del FLIS no revela esta clase de información.

En tercer lugar, según Kritzman *et al.* (2011), el aporte del primer valor propio (ϖ_{λ_1}) puede facilitar información adicional con respecto a la manera como las medidas de importancia sistémica van juntas dentro de las instituciones financieras consideradas; es decir, que el PCA puede llegar a señalar si en unas pocas entidades se concentran altos niveles de medidas individuales de importancia sistémica. Esta puede ser una estadística a la que vale la pena hacerle un seguimiento en el tiempo con fines de estabilidad financiera, y constituye una clara ventaja del PCA sobre el FLIS.

Ambos métodos de agregación comparten una ventaja común al compararlos con la propuesta de BCBS (2013), pues evitan apoyarse y depender de un esquema arbitrario, homogéneo y de ponderaciones fijas. Finalmente, debido a su distinto marco metodológico y (des)ventajas relacionadas, se espera que ambos métodos faciliten una visión complementaria del problema de la agregación de las medidas de importancia sistémica.

3. EVALUACIÓN DE LA IMPORTANCIA SISTÉMICA

Esta sección presenta los resultados de implementar las medidas y los métodos de agregación propuestos. Primero, se describen brevemente los datos y los procedimientos y después se muestran los resultados para cada método de agregación.

3.1 Datos y procedimientos

Se utilizan los datos a junio de 2013 provenientes del sistema de liquidación de títulos del Gobierno (Depósito Central de Valores: DCV) y del sistema de pagos de alto valor (Cuenta de Depósitos: CUD), junto con la información de los estados financieros reportados a la Superintendencia Financiera de Colombia²⁸. Un mes es una muestra conveniente, puesto que promedia particularidades indeseables típicas de los datos diarios, en tanto que permite evaluaciones periódicas que coinciden con la divulgación característica de los estados financieros. Durante el período elegido 125 instituciones financieras se analizaron y quedaron clasificadas, como se ve en el Cuadro 4.

28 Desde junio de 2013 se ha ido actualizando este ejercicio cada semestre con similares resultados cuantitativos y analíticos.

Cuadro 4
Principales instituciones financieras colombianas (a junio de 2013)^{a/}

Clase	Tipo de institución	Objeto principal ^{b/}
Establecimientos de crédito (C) ^{c/}		Comprende bancos comerciales (i. e.: provisión de depósito y préstamos, incluyendo hipotecas), corporaciones financieras (v. g.: enfocados en financiación industrial a mediano plazo, al modo de un banco de inversiones) y compañías de financiación (provisión de depósitos y préstamos centrados en la comercialización de bienes y servicios) [50].
	Fondos de inversión (F)	Provisión de vehículos de inversión con el objeto de invertir en títulos valores y otros activos, de acuerdo con el perfil de riesgos del inversionista [27].
Instituciones no bancarias	Sociedades comisionistas de bolsa (K)	Provisión de servicios de corretaje o intermediación con el objeto de comprar y vender títulos valores (como acciones, bonos y divisas, por ejemplo); con permiso para comerciar por su propia cuenta (en posición propia) [25].
	Administradores de fondos de pensiones (P)	Provisión de vehículos de inversión con el objeto de invertir para la jubilación [5].
	Otras ^{d/} (O)	Compañías de seguros, cooperativas financieras y otras [18].

a/ En este cuadro se excluyen el Banco de la República, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y las instituciones financieras oficiales.

b/ Únicamente aparece la principal característica diferenciadora; el número de instituciones a junio de 2013 figura entre corchetes.

c/ Las cooperativas financieras son instituciones crediticias (C), pero, debido a su pobre contribución a las medidas consideradas, se incluyeron en la clase “Otros”. Las C son las únicas instituciones capaces de recibir liquidez de préstamos de último recurso.

d/ La clase “Otros” reúne instituciones financieras caracterizadas por su particularmente baja (o nula) relevancia para los indicadores clave de importancia sistémica.

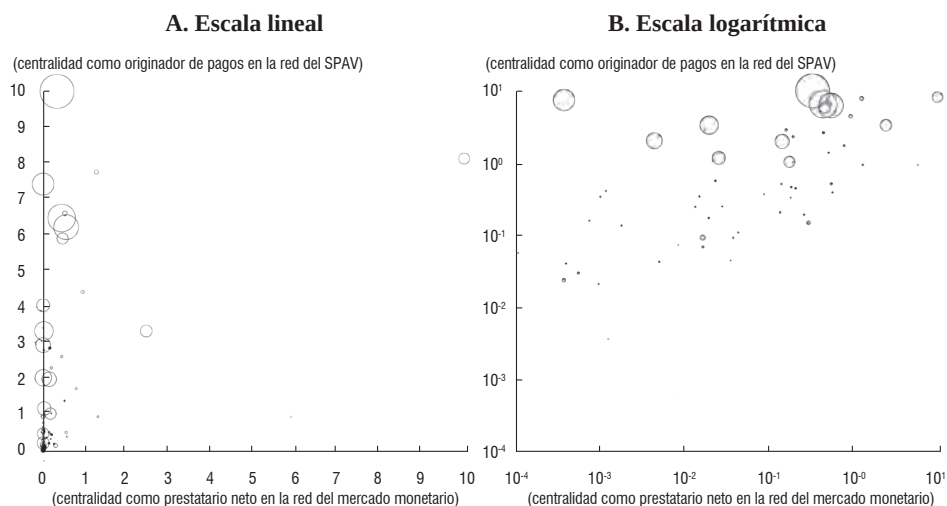
Fuente: diseño de los autores.

Se calcularon las tres medidas de importancia sistémica para cada una de las instituciones financieras consideradas. En lugar de emplear las unidades originales (p. e.: ponderaciones o porcentajes) se designaron índices de 0 a 10. Por ejemplo, el índice de tamaño consiste en una estandarización típica de los valores nominales de los activos ajustados para cada institución considerada, donde a la más grande se le asigna el máximo valor (10 en este caso) y al resto se les fija uno mediante interpolación lineal. Dicha estandarización facilita las comparaciones y los cálculos. Cabe destacar que las evaluaciones realizadas con los valores obtenidos para las diferentes características junto con el índice agregado de importancia sistémica no son medidas absolutas sino relativas para determinar la importancia sistémica de las instituciones financieras.

El Gráfico 6 presenta un diagrama de dispersión que contiene las tres medidas individuales para todas las instituciones financieras consideradas. Para una mejor visualización se despliegan dos escalas: una lineal y otra logarítmica. El eje horizontal corresponde a la

primera métrica (v. g.: la centralidad como prestatario neto en la red del mercado monetario), cuyo valor es estandarizado, tal como se estableció previamente; el eje vertical corresponde a la segunda métrica (la centralidad como originador de pagos en la red LVPS); en tanto que el diámetro de cada círculo representa el valor de activos de los servicios financieros centrales.

Gráfico 6
Medidas de importancia sistémica



Fuente: cálculos de los autores.

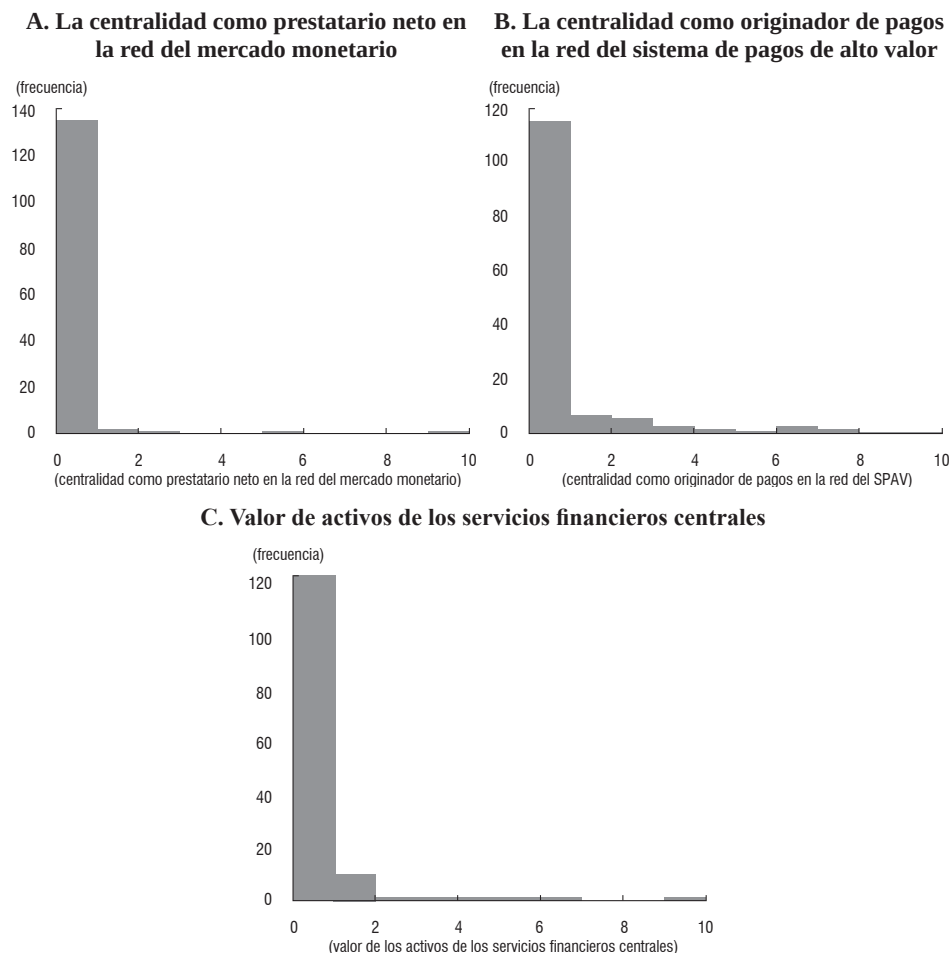
Es interesante notar que, afín con la literatura sobre redes financieras, las dos primeras medidas despliegan distribuciones sesgadas en las que es evidente que solo en unas pocas instituciones financieras se concentra casi toda la importancia sistémica, mientras que dicho valor es bajo en un número considerable de entidades (Gráfico 7). Igualmente, la métrica correspondiente al tamaño de las instituciones financieras exhibe también una distribución sesgada.

Además, no solamente la distribución de las medidas de importancia sistémica es sesgada, sino que se aproxima un tipo de distribución particular: la ley potencial. La distribución de la ley de potencia (o de Pareto) sugiere que la probabilidad de ver una institución financiera con tamaño k obedece a la forma funcional en (3), donde z corresponde a una constante arbitraria y γ se conoce como el exponente de la ley de potencia.

$$\mathcal{P}_k \propto z k^{-\gamma} \quad (3)$$

Gráfico 7

Distribución de las medidas de importancia sistémica



Fuente: cálculos de los autores.

De acuerdo con la literatura relacionada (Taleb, 2007; Mandelbrot y Hudson, 2004; Peak y Frame, 1994) los valores que oscilan entre $1 \leq \gamma \leq 3$ son típicos de las distribuciones sin escala, donde una primera regla general es $\gamma \sim 3/2$, tomando como referencia los hallazgos de Pareto concernientes a la distribución de la riqueza²⁹. Con base en el algoritmo

29 Otros exponentes típicos son los de Zipf para el empleo de palabras en la literatura ($\gamma \sim 1$) y Mandelbrot para precios del algodón ($\gamma \sim 1,7$). Por otra parte, con respecto a la distribución de las conexiones en las redes del mundo real, Newman (2010) sugiere que los exponentes en la escala $2 \leq \gamma \leq 3$ son típicos, aunque los valores ligeramente por fuera de ella son posibles y se observan ocasionalmente.

diseñado por Clauset *et al.* (2009), los exponentes resultantes de ajustar la ley potencial a las tres medidas presentadas en el Gráfico 7 son 1,90, 1,92 y 2,46 respectivamente³⁰. Tales exponentes corresponden a distribuciones en las que la mayoría de las observaciones presentan valores bajos (por ejemplo: poca importancia, baja intensidad, bajo impacto, pequeño tamaño), mientras que unas pocas exhiben cifras altas. En el presente caso, por ejemplo, esta distribución señala que pocas instituciones financieras son grandes y la gran mayoría son pequeñas.

En este sentido, y según Bak (1996), puesto que no existe un tamaño típico de institución financiera que pueda describir la distribución total a cualquier escala (como si fuera de tipo gaussiano), ella también es mencionada como libre de escala o sin escala, lo que significa que coexisten instituciones financieras sumamente diferentes. Más aún, el carácter de libre de escala invalida análisis basados en la existencia de una institución financiera promedio o típica, o que suponen dotaciones homogéneas. Coincidente con un creciente volumen de literatura de distintas ciencias (como física, biología, economía e ingeniería, por ejemplo), encontrar una distribución libre de escala constituye una muestra distintiva evidente de sistemas que se autoorganizan (León y Berndsen, 2013; Andriani y McKelvey, 2009; Dorogovtsev *et al.*, 2003; Strogatz, 2003; Barabási, 2003; Barabási y Albert, 1999; Bak, 1996; Krugman, 1996). Además, la índole de libre de escala de las tres medidas no solamente sugiere que el sistema financiero exhibe rasgos autoorganizativos, sino que se ha configurado a sí mismo con una estructura que, aunque sólida, puede ser a la vez frágil. Este tipo de autoorganización se menciona como criticidad autoorganizativa (Bak, 1996), y coincide con la caracterización (Haldane, 2009) de la actual red financiera internacional: *robust yet fragile* (sólida, aunque frágil)³¹.

Las tres medidas estandarizadas resultantes o índices individuales han servido como insumo para cada uno de los dos métodos de agregación. En el caso del FLIS, como se estableció previamente, cada índice estandarizado (es decir, de 0 a 10) se usa para definir el grado de pertenencia o afiliación de cada institución financiera a las categorías disponibles (ej. *bajo*, *medio*, *alto*) y, fundamentado en las reglas de inferencia (la base del conocimiento experto) y los operadores lógicos difusos, el método de agregación mostró un índice agregado de importancia sistémica que se ha estandarizado dentro de una escala de 0 a 10. Aquí, este (iFLIS) corresponde a una apreciación cuantitativa del índice de importancia sistémica esperada basado en la evaluación simultánea de la combinación particular de medidas individuales de cada institución y su total incidencia sistémica resultante, de acuerdo con la información suministrada por los expertos.

El Gráfico 8 presenta tres módulos de intensidad, correspondientes a la combinación de las tres medidas. Cada una de ellas puede considerarse como una representación del conocimiento experto relativo a cómo dos medidas (en el eje) dan como resultado distintos

30 El método más simple para estimar el exponente de la ley de potencia (γ) consiste en una regresión de mínimos cuadrados ordinarios (*ordinary least squares*: OLS). Sin embargo, como lo subrayan Clauset *et al.* (2009), el ajuste mediante OLS puede llegar a ser inexacto, debido a grandes fluctuaciones en la parte más relevante de la distribución (v. g.: la cola), donde puede ser más apropiado el uso de métodos de máxima verosimilitud (*maximum likelihood*: MLE).

31 León y Berndsen (2013) presentan un análisis exhaustivo del carácter libre de escala y autoorganizativo de las redes financieras colombianas.

grados de importancia sistémica (v. g.: la intensidad), manteniéndose constante la tercera (no visualizada) en un valor de 5 (columna izquierda del Gráfico 8) y en un valor de 8 (columna derecha).

Gráfico 8
El conocimiento experto como gráficas o representaciones de intensidad

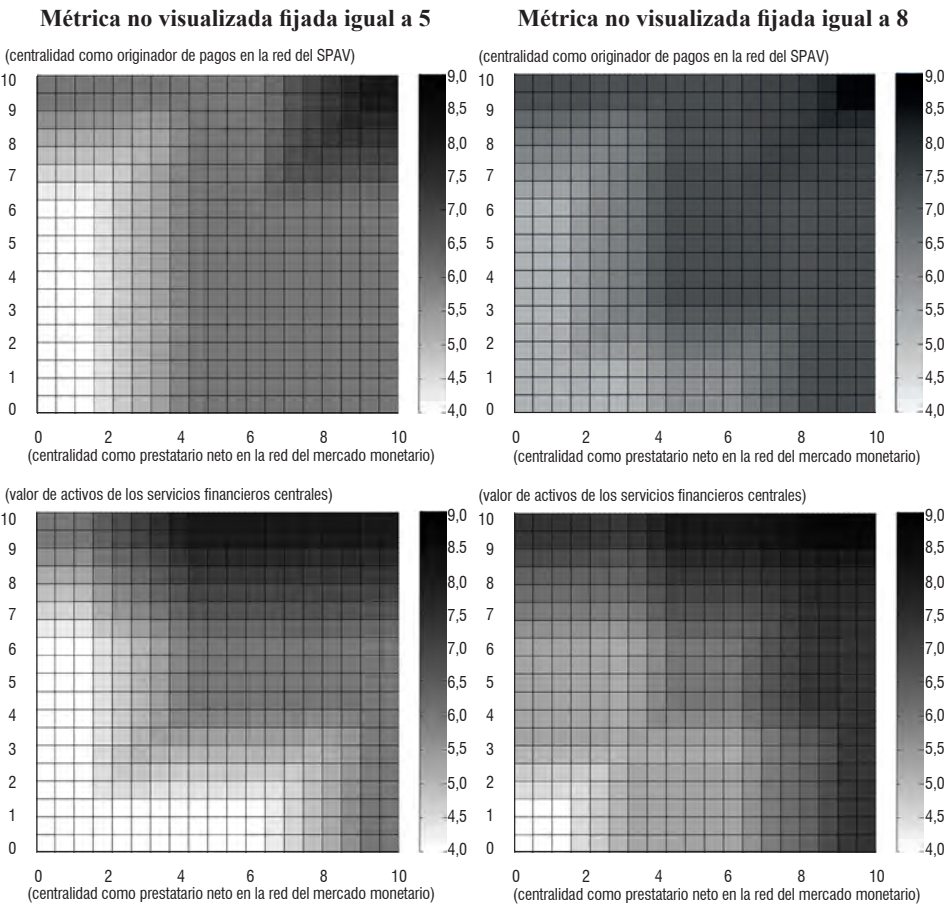
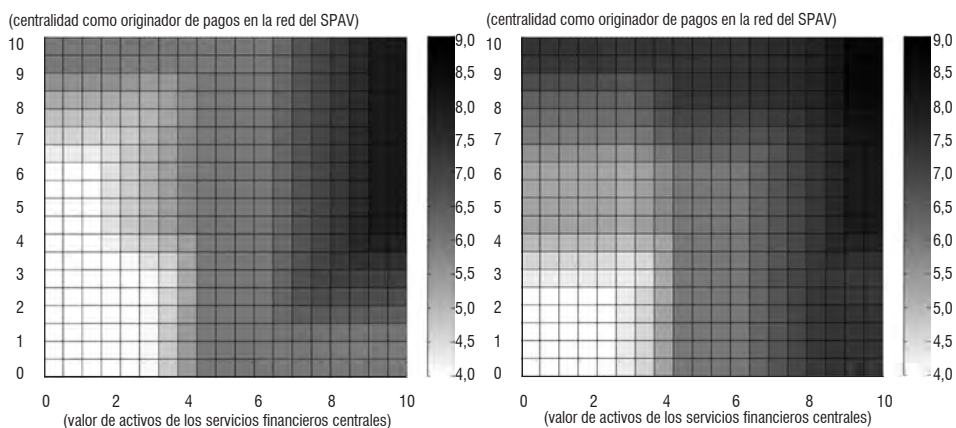


Gráfico 8 (continuación)

El conocimiento experto como gráficas o representaciones de intensidad



Fuente: cálculos de los autores.

Las representaciones de intensidad en el Gráfico 8 revelan que los expertos encuentran que pocas combinaciones de la centralidad de distribución del sistema de pagos de alto valor y la centralidad de distribución de la exposición neta del mercado monetario (primera fila del Gráfico 8) muestran niveles de importancia sistémica que puedan considerarse como críticos (como $iFLIS \geq 8$); es decir, que si el valor de activos de los servicios financieros centrales fuera fijado en los dos niveles (5 y 8, por ejemplo), surgiría una alta importancia sistémica únicamente con niveles muy altos de centralidad de distribución en el mercado monetario y en los sistemas de pagos.

Por otra parte, los expertos encuestados opinan que el valor de activos de los servicios financieros centrales es innegablemente crucial para determinar la importancia sistémica; los dos gráficos que implican activos ajustados (segunda y tercera filas del Gráfico 8) exhiben áreas más grandes (es decir, más combinaciones) en las que la importancia sistémica puede considerarse como crítica (v. g.: $iFLIS \geq 8$) para un determinado nivel de las otras medidas (no visualizadas).

No obstante, los módulos del Gráfico 8 proveen una visión limitada de la opinión de los expertos. Es claro que se están dejando por fuera numerosas combinaciones posibles porque se han empleado, con fines ilustrativos, únicamente dos niveles de la métrica no desplegada. La existencia de muchos otros niveles de la misma obstaculiza la forma como los expertos juzgan todas las combinaciones posibles de las medidas consideradas.

En el caso del PCA se utilizaron tres índices estandarizados para estimar la matriz de covarianza (Ω) y realizar los cálculos en (1). Los puntajes resultantes se escalan (es decir, se elevaron al cuadrado) para obtener valores que entre sí sumen 1 y que de esta forma puedan considerarse como ponderaciones con un índice de agregación lineal. Si $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ representan la centralidad como prestatario neto en el mercado monetario, la centralidad como originador de pagos en la red del sistema de pagos de alto valor y el valor

de activos de las medidas de los servicios financieros centrales para una institución financiera, respectivamente, el indicador de importancia sistémica del PCA (iPCA) será calculado como el valor estandarizado (p. e.: en una escala de 0 a 10) de la siguiente expresión lineal:

$$iPCA_x = 0,1525 \times \mathcal{A}_x + 0,4770 \times \mathcal{B}_x + 0,3704 \times \mathcal{C}_x \quad (4)$$

donde

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0,3906 & 0,8657 & -0,3131 \\ 0,6907 & -0,0507 & 0,7214 \\ 0,6086 & -0,4980 & -0,6177 \end{bmatrix}$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 1,8588 & 0 & 0 \\ 0 & -0,9281 & 0 \\ 0 & 0 & -0,2131 \end{bmatrix}$$

y

$$\varpi_{\lambda 1} = 0,6196$$

Puesto que $\varpi_{\lambda 1}$ es suficientemente alto ($\varpi_{\lambda 1} > 0,5$), resulta adecuado emplear el modelo PCA como en (4), ya que el sistema lineal diseñado captura el 62% de la información en la matriz de covarianza. Asimismo, el nivel alcanzado por $\varpi_{\lambda 1}$ sugiere que unas pocas instituciones financieras concentran altos niveles de medidas individuales de importancia sistémica. Como se estableció previamente, esta puede llegar a ser una estadística que merece un seguimiento con fines de estabilidad financiera.

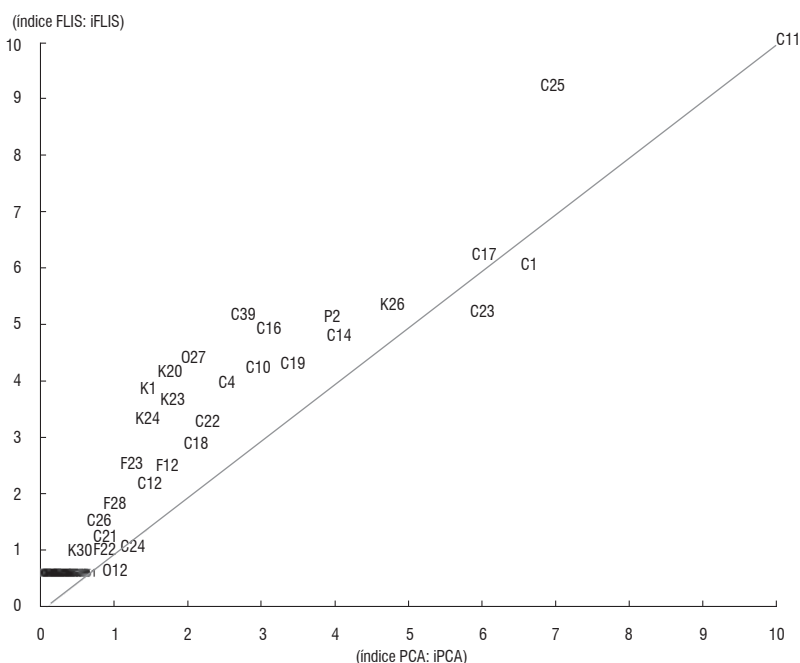
En lo concerniente a Γ_1 , como es evidente en la expresión lineal del iPCA, la métrica principal es la centralidad como originador de pagos en la red del sistema de pagos de alto valor, que tiene un puntaje (peso) de 0,6907 (0,4770), seguida por el valor de activos de los servicios financieros centrales y la centralidad como prestatario neto en la red del mercado monetario.

Lo más interesante, según las bases de la partición espectral (Kolaczyk 2009; Straffin, 1980), tanto los signos como las diferencias absolutas entre los elementos del segundo *eigenvector* (Γ_2) sugieren que allí existe un cierto grado de cercanía lineal de segundo orden entre el valor de activos de los servicios financieros de las instituciones financieras y la centralidad como originador de pagos en la red del sistema de pagos de alto valor; es decir, que hay algún grado de correspondencia entre ser grande y ser central en dicho sistema, en tanto que ser central como prestatario neto en el mercado monetario parece no estar relacionado con las otras dos categorías. No obstante, como los puntajes y las ponderaciones son significativos (v. g.: $>> 0$), ambas medidas son no redundantes y continúan siendo informativas para el sistema lineal en [4].

3.2 Principales resultados

El Gráfico 9 presenta una comparación de los resultados utilizando los dos métodos de agregación. Cada institución financiera se identifica con una letra que corresponde a su tipo (como en el Cuadro 4), junto con un número de etiqueta, y se representa en un plano cartesiano en el que el eje horizontal corresponde al índice PCA (iPCA), y el vertical corresponde al índice FLIS (iFLIS). Las instituciones financieras localizadas sobre la diagonal reciben el mismo índice de importancia sistémica a partir de ambos métodos de agregación, en tanto que los situados por encima (por debajo) de ella corresponden a casos en los que el índice iFLIS (iPCA) es más alto. Vale la pena subrayar que ambos índices facilitan realizar una evaluación relativa de la importancia sistémica de cada institución. De esta forma, un valor del índice igual a cero para una entidad en particular no debe interpretarse como una carencia absoluta de importancia sistémica para esa institución, sino de una importancia relativa insignificante con respecto a la institución más sistémica.

Gráfico 9
Índice de importancia sistémica (a junio de 2013)



Nota: establecimiento de crédito (C); fondo de inversión (F); sociedad comisionista de bolsa (K); administradora de fondo de pensiones (P).

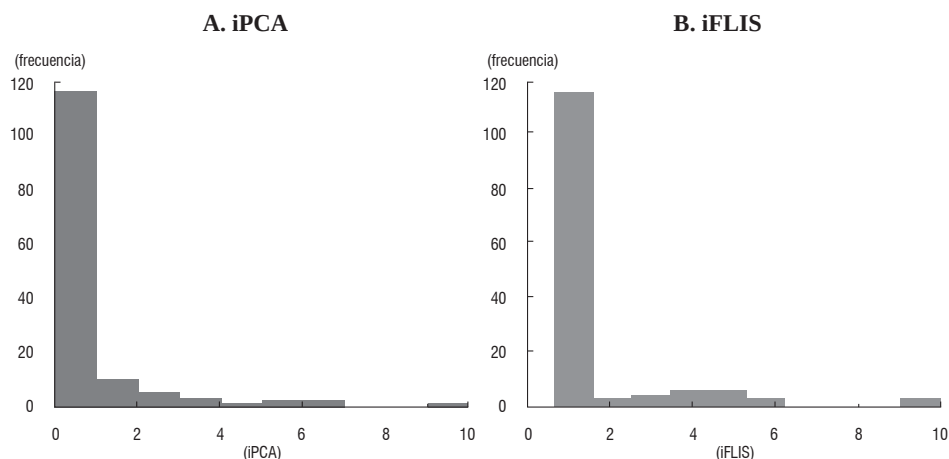
Fuente: cálculos de los autores.

Ambos índices coinciden en que C11 y C25 son las dos instituciones financieras más importantes sistémicamente en el mercado financiero local. También concuerdan en el predominio de las instituciones crediticias (C) como el tipo de entidad financiera con mayor probabilidad de desplegar altos niveles de importancia sistémica de acuerdo con la escala de 0 a 10. Por otra parte, ambos índices coinciden en cuanto a las seis principales instituciones financieras (i. e.: C11, C25, C1, C17, C23, K26), a pesar de que el ordenamiento entre las mismas es distinto. Existen diferencias relevantes entre los índices para las entidades clasificadas más allá del sexto lugar.

Las dos primeras entidades no bancarias que aparecen en ambos índices son la K26 y la P2, que corresponden a una sociedad comisionista de bolsa y a una administradora de un fondo de pensiones, respectivamente. Por debajo de la marca 5, ambos índices exhiben una mezcla heterogénea de instituciones financieras, siendo las crediticias (C) y las firmas comisionistas de bolsa (K) las que despliegan más altas cifras de importancia sistémica, y donde los fondos de inversión (F) muestran puntajes por debajo de 3.

Una característica importante de ambos índices es su alto nivel de asimetría o *skewness* (Gráfico 10). Únicamente un grupo de instituciones financieras tiene índices por encima de 5; 4 para el iFLIS, y 5 para el iPCA. Alrededor del 95% de ellas presenta índices por debajo de 5, mientras que cerca del 83% están por debajo de 2. El iPCA y el iFLIS promedio es 0,66 y 1,33, respectivamente.

Gráfico 10
Distribución del índice de importancia sistémica
(a junio de 2013)



Fuente: cálculos de los autores.

La distribución sesgada de la importancia sistémica, en la cual la de la institución promedio es baja, confirma que analizar la importancia sistémica tomando como base una institución promedio desviaría a las autoridades financieras de su objetivo de preservar la estabilidad financiera. Por otra parte, este hallazgo subraya aún más la relevancia de iden-

tificar técnicamente las instituciones financieras sistémicamente importantes, así como los peligros relacionados al suponer la presencia de entidades homogéneas para modelar el riesgo de contagio (como en Allen y Gale, 2000; Freixas *et al.*, 2000).

4. OBSERVACIONES FINALES

Este documento presenta dos propuestas en torno a cómo lidiar con ciertos desafíos comunes en la evaluación de la importancia sistémica de las instituciones financieras. Estos desafíos consisten en diseñar adecuadamente medidas capaces de capturar el tamaño, la conectividad y la sustituibilidad de las entidades y, por otra parte, elegir un método de agregación apropiado para esas medidas. En particular, primero se plantea emplear tres medidas de importancia sistémica: i) la centralidad como prestatario neto en la red del mercado monetario; ii) la centralidad como originador de pagos en la red del sistema de pagos de alto valor y iii) el valor de activos de los servicios financieros. Segundo, se propone sumar las tres medidas con dos enfoques diferentes: uno que utiliza lógica difusa y el segundo que consiste en aplicar un análisis de componentes principales. De manera conjunta estas dos propuestas contribuyen a evaluar la importancia sistémica desde una perspectiva macroprudencial.

A pesar de sus distintos aspectos y bases metodológicas, ambos métodos de agregación (FLIS y PCA) muestran índices que coinciden en varios rasgos: i) la clasificación y la lejanía relativa de las dos principales instituciones financieras más importantes sistémicamente; ii) el predominio de los establecimientos de crédito como el tipo de entidad financiera con mayores probabilidades de exhibir altos niveles de importancia sistémica; iii) de las seis instituciones financieras más importantes sistémicamente, hay cinco establecimientos de crédito y una sociedad comisionista de bolsa, y iv) el carácter sesgado de los índices de importancia sistémica que corresponde a la naturaleza igualmente sesgada de las tres medidas y de su distribución aproximada libre de escala (v. g.: ley de potencia). Las mayores divergencias entre ambos índices surgen al evaluar la importancia sistémica de instituciones financieras no clasificadas en los primeros lugares.

Los dos índices proporcionan a las autoridades financieras la capacidad de adquirir una apreciación relativa muy completa de la importancia sistémica de cada institución. Estos índices pueden ayudar a las autoridades a concentrar su atención y a enfocar sus recursos (v. g.: intensidad del seguimiento, la supervisión y la regulación) donde se estime que la gravedad sistémica resultante de una institución que está fallando o a punto de fallar es mayor. Más aún, los dos índices pueden llegar a servir como insumo en la adopción de políticas y en la toma de decisiones (tales como resolver, reestructurar o proveer liquidez de emergencia, por ejemplo).

No obstante, es importante resaltar que las metodologías e indicadores acá planteados no corresponden de ninguna forma a un sustituto de las herramientas de seguimiento y al buen discernimiento de las autoridades financieras, ni tampoco pueden usarse aisladamente para evaluar la importancia sistémica de una institución financiera. Se considera que los dos índices proporcionan medidas relativas valiosas y novedosas para que la importancia sistémica de las diferentes entidades sea evaluada por dichas autoridades, lo que complementa de manera adecuada los métodos ya existentes (BCBS, 2013).

Vale la pena resaltar algunos aspectos no contemplados en este documento. Primero, tal como lo plantean León y Machado (2013), considerar los vínculos que son generados por la propiedad de las entidades puede enriquecer la evaluación de las instituciones financieras sistémicas, al reconocer la existencia de conglomerados dentro del sistema financiero. En segundo lugar, a las autoridades financieras puede resultarles interesante definir un umbral de los indicadores para considerar que una entidad sea en efecto sistémicamente importante; no obstante, esta tarea puede resultar muy compleja. Adicionalmente, se deben tener en cuenta diferentes aspectos, como por ejemplo, el propósito para definir un umbral (v. g.: si se busca determinar una exigencia de capital o decidir a qué instituciones se debe realizar un seguimiento más especializado), así como la asimetría en la distribución de los índices encontrados. Finalmente, al considerar el aporte del primer valor propio como medida del grado en que las diferentes medidas de importancia sistémica se acoplan unas con otras, se podría considerar analizar el comportamiento de este indicador con el fin de proporcionar algunas ideas con respecto a la evolución del riesgo sistémico en el tiempo.

REFERENCIAS

- Allen, F.; Babus, A. (2008), "Networks in Finance", Working Paper, núm. 08-07, Wharton Financial Institutions Center.
- Allen, F.; Gale, D. (2000). "Financial Contagion", *Journal of Political Economy*, vol. 108, núm. 1, pp. 1-33.
- Amol, A. (2010). "St Louis Fed's Financial Stress Index", Federal Reserve Bank of St Louis, Appendix, enero.
- Andriani, P.; McKelvey, B. (2009). "From Gaussian to Paretian thinking: causes and Implications of power laws in organizations", *Organization Science*, núm. 6, vol. 20, pp. 1053-1071.
- Bak, P. (1996). *How Nature Works*, New York: Copernicus.
- Barabási, A.-L. (2003). *Linked*, New York: Plume.
- Barabási, A.-L.; Albert, R. (1999). "Emergence of Scaling in Random Networks", *Science*, vol. 286, October, pp. 509-512.
- Basel Committee on Banking Supervision (2011). *Global Systemically Important Banks: Assessment Methodology and the Additional Loss Absorbency Requirement (Consultative Report)*, Bank for International Settlements, julio.
- Basel Committee on Banking Supervision (2013). *Global Systemically Important Banks: Updated Assessment Methodology and the Higher Loss Absorbency Requirement*, Bank for International Settlements, julio.
- Bech, M.; Garrat, R. (2006). "Illiquidity in the Interbank Payment System Following Wide-Scale Disruptions", Staff Report, núm.239, Federal Reserve Bank of New York, marzo.
- Billio, M.; Getmansky, M.; Lo, A.; Pelizzon, L. (2010). "Econometric Measures of Systemic Risk in the Finance and Insurance Sectors", working paper, núm. 16223, National Bureau of Economic Research.

- Bjelland, J.; Canright, G.; Engo-Mønsen, K. (2008). "Web Link Analysis: Estimating Document's Importance from its Context", *Teletronikk*, núm.1, pp. 95-113.
- Bojadziev, G.; Bojadziev, M. (2007). *Fuzzy Logic for Business, Finance and Management, Advances in Fuzzy Systems: Applications and Theory* Singapur: World Scientific (segunda edición).
- Borio, C. (2003). "Towards a Macroprudential Framework for Financial Supervision and Regulation", working papers, núm. 128, Bank for International Settlements (BIS), febrero.
- Brunnermeier, M.; Crocket, A.; Goodhart, C.; Persaud, A.D.; Shin, H. (2009). *The Fundamental Principles of Financial Regulation*, International Center for Monetary and Banking Studies, Centre for Economic Policy Research (CEPR), enero.
- Bundesbank (1999). "The Bundesbank's Method of Assessing the Creditworthiness of Business Enterprises", *Deutsche Bundesbank Monthly Report*, enero.
- Campbell, J.; Lo, A.; Mackinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*, Princeton: Princeton University Press.
- Cardozo, P.; Huertas, C.; Parra, J.; Patiño, L. (2011), "Mercado interbancario colombiano y manejo de liquidez del Banco de la República", Borradores de Economía, núm. 673, Banco de la República.
- Casti, J. L. (1979). *Connectivity, Complexity and Catastrophe in Large-Scale Systems*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Cepeda, F. (2008). "La topología de redes como herramienta de seguimiento en el sistema de pagos de alto valor en Colombia", Borradores de Economía, núm. 513, Banco de la República.
- Chan-Lau, J. (2010). "Balance Sheet Network Analysis of Too-connected-to-fail Risk in Global and Domestic Banking Systems", working paper, núm. WP/10/107, International Monetary Fund, abril.
- Clark, J. (2010). "Too-Networked-to-Fail", en *Risk: Risk Management, Derivatives, Structured Products*, Southwick: Incisive Financial Publishing.
- Clauset, A.; Shalizi, C. R.; Newman, M. E. J. (2009). "Power-Law Distributions in Empirical Data", *SIAM Review*, núm. 4, vol. 51, pp. 661-703.
- Committee on Payment and Settlement Systems and International Organization of Securities Commissions (2011). *Principles for Financial Market Infrastructures (Consultative Report)*, Bank for International Settlements, marzo.
- Committee on Payment and Settlement Systems and International Organization of Securities Commissions (2012). *Principles for financial market infrastructures*, Bank for International Settlements, April.
- Condamine, L.; Louisot, J-P.; Naim, P. (2006). *Risk Quantification: Management, Diagnosis and Hedging*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Cox, E. (1994). *The Fuzzy Systems Handbook*, San Diego: AP Professional.
- Cruz, M. (2002). *Modeling, Measuring and Hedging Operational Risk*, Chichester: John Wiley & Sons.
- De Cadenas, G.; de Mesa, L.; Sanchis, A. (2010). "Systemic Risk, an Empirical Approach, *Colección de Estudios*, núm.17", Banco Santander: Fundación de Estudios de Economía Aplicada.

- Dorogovtsev, S.N.; Goltsev, A.V.; Mendes, J.F.F. (2002). “Pseudofractal scale-free web”, *Physical Review*, núm.65.
- Dowd, K. (2005). *Measuring Market Risk*, John Wiley & Sons.
- Dudley, W.C. (2012). “Reforming the OTC Market”, en Remarks at the Harvard Law School’s Symposium on Building the Financial System of the 21st Century, Armonk, New York, marzo.
- European Central Bank (2010). *Financial Stability Review*, junio.
- Federal Reserve Bank of Dallas (2003). “Composite Index: A New Measure of El Paso’s Economy”, Federal Reserve Bank of Dallas-El Paso Branch, Issue 1.
- Feeney, G.; Hester, D. (1964). “Stock Market Indices: A Principal Components Analysis”, Cowles Foundation’s Discussion Papers, núm. 175, Cowles Foundation, Yale University.
- Filmer, D.; Pritchett, L. (1998). “Estimating Wealth Effects without Income or Expenditure Data—or Tears: Educational Enrollment in India”, Policy Research Working Paper, núm.1994, Development Economics Research Group (DECRG), The World Bank.
- Freixas, X.; Parigi, B. M.; Rochet J-C. (2000). “Systemic Risk, Interbank Relations, and Liquidity Provision by the Central Bank”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 32, núm. 3, pp. 611-638.
- French, K.; Baily, M.; Campbell, J. Y.; Cochrane, J. H.; Diamond, D. W.; Duffie, D.; Kashyap, A.K.; Mishkin, F.S.; Rajan, R.G.; Scharfstein, D.S.; Shiller, R.J.; Shin, H.S.; Slaughter, M.J.; Stein, J.C.; Stulz, R.M. (2010). *The Squam Lake Report: Fixing the Financial System*, Princeton: Princeton University Press.
- Gallati, R. (2003). *Risk Management and Capital Adequacy*, New York: McGraw-Hill.
- Garrat, R.; Mahadeva, L.; Sviryzdenka, K. (2011). “Mapping Systemic Risk in the International Banking Network”, Working Paper, núm. 413, Bank of England, March.
- Gómez, E.; Murcia, A.; Zamudio, N. (2011). “Financial Conditions Index: A Leading and Early Warning Indicator for Colombia?”, *Ensayos sobre Política Económica*, núm.66, Banco de la República, diciembre.
- Haining, R. (2004). *Spatial Data Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Haldane, A. G. (2009). “Rethinking the Financial Network”, Speech delivered at the Financial Student Association (Amsterdam, Netherlands), abril.
- Hatzius, J.; Hooper, P.; Mishkin, F. S.; Schoenholtz, K. L.; Watson, M. W. (2010). “Financial Conditions Indexes: A Fresh Look after the Financial Crisis”, Working Papers, núm.16150, National Bureau of Economic Research.
- Howard, A.; Seraji, H. (2000). “A Real-Time Autonomous Rover Navigation System”, Proceedings from World Automation Congress.
- Howard, A.; Seraji, H. (2002). “A Rule-Based Fuzzy Safety Index for Landing Site Risk Assessment”, Proceedings from the 9th International Symposium on Robotics and Applications held within the 5th Biannual World Automation Congress.
- Howard, A.; Seraji, H.; Tunstel, E. (2001). “A Rule-Based Fuzzy Traversability Index for Mobile Robot Navigation”, Proceedings from the International Conference on Robotics and Automation.
- Hurlin, C.; Pérignon, C. (2013). “Systemic Risk Score: a Suggestion”, Research Paper, núm. FIN-2013-1005, HEC Paris.

- Inaoka, H.; Ninomiya, T.; Taniguchi, K.; Shimizu, T.; Takayasu, H. (2004). "Fractal Network Derived from Banking Transaction: An Analysis of Network Structures Formed by Financial Institutions", Working Paper Series, núm. 04-E-04, Bank of Japan, abril.
- International Monetary Fund; Bank for International Settlements; Financial Stability Board (2009). "Guidance to Assess the Systemic Importance of Financial Institutions, Markets and Instruments: Initial Considerations", octubre.
- Kleinberg, J. M. (1998). "Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment", Proceedings of the ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms.
- Klir, G.; Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Kodres, L. (2009). "The Road to Re-Regulation: Repainting the Center Line and Erecting more Guardrails", The World Bank and Banco de España International Conference: "Reforming Financial Regulation and Supervision: Going Back to Basics", Madrid, 15 de junio.
- Kolaczyk, E. D. (2009), *Statistical Analysis of Network Data*, New York: Springer.
- Kritzman, M.; Li, Y.; Page, S.; Rigobon, R. (2011). "Principal Components as a Measure of Systemic Risk", *The Journal of Portfolio Management*, vol. 37, núm. 4, pp. 112-126.
- Krugman, P. (1996). *Self-Organizing Economy*, Oxford: Blackwell.
- Kyriakopoulos, F.; Thurner, S.; Pühr, C.; Schmitz, S. W. (2009). "Network and Eigenvalue Analysis of Financial Transaction Networks", *The European Physical Journal B*, núm. 71, pp. 523-531.
- León, C.; Berndsen, R. J. (2014). "Rethinking Financial Stability: Challenges Arising from Financial Networks' Modular Scale-free Architecture", *Journal of Financial Stability*, vol. 15, pp. 241-256.
- León, C.; Machado, C. (2013). "Designing an Expert-Knowledge-Based Systemic Importance Index for Financial Institutions", *Journal of Financial Market Infrastructures*, núm. 1, vol. 2, pp. 77-127.
- León, C.; Machado, F.; Cepeda, F.; Sarmiento, N. M. (2012). "Too-Connected-to-Fail Institutions and Payments System's Stability: Assessing Challenges for Financial Authorities", en Hellqvist, M.; Laine, T. (eds.), *Diagnostics for the Financial Markets-Computational Studies of Payment System: Simulator Seminar Proceedings 2009-2011*, E:45, Bank of Finland, pp. 267-313.
- León, C.; Murcia, A. (2013). "Systemic Importance Index for financial institutions: A Principal Component Analysis approach", *ODEON*, núm.7, pp.125-165.
- León, C.; Pérez, J. (2014). "Assessing financial market infrastructures' systemic importance with authority and hub centrality", *Journal of Financial Market Infrastructures*, vol.2, núm.3, pp.67-87.
- Mandelbrot, B.; Hudson, R. L. (2004). *The (Mis)Behavior of Markets*, New York: Basic Books.
- Manning, M.; Nier, E.; Schanz, J. (2009). *The Economics of Large-Value Payments and Settlement: Theory and Policy Issues for Central Banks*, New York: Oxford University Press.

- Martínez, C.; León, C. (2014). "The Cost of Collateralized Borrowing in the Colombian Money Market: Does Connectedness Matter?", Borradores de Economía, núm.803, Banco de la República.
- Mathworks (2009). *Fuzzy Logic Toolbox User's Guide*, Mathworks.
- McNeil, A.J.; Frey, R.; Embrechts, P. (2005). *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*, Princeton: Princeton University Press.
- McNeill, M.; Thro, E. (1994). *Fuzzy Logic: A Practical Approach*, London: AP Professional.
- Merton, R. (1974). "On the Pricing of Corporate Debt: the Risk Structure of Interest Rates", *Journal of Finance*, núm. 29, pp. 449-470.
- Morales, M.; Estrada, D. (2010). "A Financial Stability Index for Colombia", *Annals of Finance*, núm. 6, pp. 555-581.
- Murcia, A. (2007). "Determinantes del acceso al crédito de los hogares colombianos", *Ensayos sobre Política Económica*, núm. 55, Banco de la República.
- Newman, M. E. J. (2003). "The Structure and Function of Complex Networks", *SIAM Review*, vol. 45, núm. 2, pp. 167-256.
- Newman, M. E. J. (2010). *Networks*, New York: Oxford University Press.
- Norman, B.; Brierley, P.; Gibbard, P.; Mason, A.; Meldrum, A. (2009). "A Risk-based Methodology for Payment Systems Oversight", *Journal of Payments Strategy & Systems*, vol. 3, núm. 3, agosto.
- Oral, E.; Dilara, E.; Hamsici, T. (2005). "Building Up a Real Sector Business Confidence Index for Turkey", *Central Bank Review*, vol. 5, núm. 1, Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey.
- Ötger-Robe, I.; Narain, A.; Ilyina, A.; Surti, J. (2011). "The Too-Important-to-Fail Conundrum: Impossible to Ignore and Difficult to Resolve", Staff Discussion Note, núm. 11/12, International Monetary Fund, mayo.
- Peak, D.; Frame, M. (1998). *Chaos under Control: the Art and Science of Complexity*, New York: W. H. Freeman & Co.
- Rebonato, R. (2007). *Plight of the Fortune Tellers*, Princeton: Princeton University Press.
- Revez, A.; León, C. (2010). "Operational Risk Management using a Fuzzy Logic Inference System", *Journal of Financial Transformation*, vol. 30, pp. 141-153.
- Rodríguez-Moreno, M.; Peña, J. I. (2011). "Systemic Risk Measures: the Simpler the Better?", BIS Papers, núm. 60, Bank of International Settlements.
- Saunders, A.; Smith, R. C.; Walter, I. (2009). "Enhanced Regulation of Large, Complex Financial Institutions", en Acharya, V. V.; Richardson, M. (eds.), *Restoring Financial Stability*, Hoboken: Wiley Finance.
- Seraji, H. (2000). "Traversability Index: a New Concept for Planetary Rovers", *Journal of Robotics Systems*, vol. 17, pp. 2006-2013.
- Serrano, N.; Seraji, H. (2007). "Landing Site Selection using Fuzzy Rule-Based Reasoning", Proceedings from the International Conference on Robotics and Automation.
- Sivanandam, S. N.; Sumathi, S.; Deepa, S. N. (2007). *Introduction to Fuzzy Logic using Matlab*, Heidelberg: Springer.
- Smith, D. (2011). "Hidden Debt: From Enron's Commodity Prepays to Lehman's Repo 105s", *Financial Analysts Journal*, vol. 67, núm. 5, pp. 15-22.

- Soramäki, K.; Bech, M.; Arnold, J.; Glass, R.; Beyeler, W. (2006). "The topology of interbank payments flow", *Federal Reserve Bank of New York Staff Report*, No 243, March.
- Soramäki, K.; Cook, S. (2013). "SinkRank: an Algorithm for Identifying Systemically Important Banks in Payment Systems", *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, vol. 7, núm. 2013-28.
- Stein, J. C. (2013). "The Fire-Sales Problem and Securities Financing Transactions", Remarks at the Federal Reserve Bank of New York Workshop on Fire Sales as a Driver of Systemic Risk in Triparty Repo and other Secured Funding Markets, 4 de octubre.
- Steiner, J. (2006). "World University Rankings: A Principal Component Analysis", documento interno, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.
- Straffin, P. D. (1980). "Linear Algebra in Geography: eigenvectors of networks", *Mathematics Magazine*, vol. 53, núm. 5, pp. 269-276.
- Strogatz, S. (2003). *SYNC: How Order Emerges from Chaos in the Universe, Nature and Daily Life*, New York: Hyperion Books.
- Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan*, New York: Random House.
- Tucker, P. (2005). "Where are the Risks?", *Financial Stability Review*, pp.73-77, Bank of England, diciembre.
- Tumpel-Gugerell, G. (2009). "Introductory Remarks", Recent Advances in Modeling Systemic risk Using Network Analysis (workshop), European Central Bank, Frankfurt am Main, 5 de octubre.
- Tunstel, E.; Seraji, H.; Howard, A. (2001). "Soft Computing Approach to Safe Navigation of Autonomous Planetary Rovers", en Zilouchian, A.; Jamshidi, M (eds.), *Intelligent Control Systems Using Soft Computing Methodologies*, New York: CRC Press.
- Uribe, J. D. (2011a). "Descifrando los sistemas bancarios paralelos: nuevas fuentes de información y metodologías para la estabilidad financiera", *Revista del Banco de la República*, pp. 1-9, abril.
- Uribe, J. D. (2011b). "Lecciones de la Crisis Financiera de 2008: Cómo la Infraestructura Financiera puede Mitigar la Fragilidad Sistémica", *Revista del Banco de la República*, pp.1-9, junio.
- Von Altrock, C. (1996). "Fuzzy Logic and Neuro-Fuzzy in Appliances", Embedded Systems Conference, Santa Clara.
- Von Altrock, C. (2002). *Applying Fuzzy Logic to Business and Finance*, vol. 2, pp. 38-39, Optimus.
- Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy Sets", *Information and Control*, núm. 8, pp. 338-353.
- Zhou, C. (2009). *Are Banks too Big to Fail? Measuring Systemic Importance of Financial Institutions*, De Nederlandsche Bank.

ANEXO 1

CENTRALIDAD DE AUTORIDAD Y DISTRIBUCIÓN

Kleinberg (1998) introduce el algoritmo (HITS) de búsqueda (*hyper text induced topic search*) para estimar la centralidad de autoridad y distribución. Este algoritmo reconoce que la centralidad de cada nodo se define como proporcional a la suma de la centralidad de distribución de los nodos que apuntan hacia ella, y que la centralidad de distribución de cada nodo es proporcional a la suma de la centralidad de autoridad de los nodos que señala. Para hacer tal reconocimiento, el algoritmo emplea la centralidad del vector propio en dos versiones modificadas de la matriz adyacente original donde esas dos corresponden a una matriz de autoridad ($\mathcal{A}$) y a una matriz de distribución ($\mathcal{H}$). Al ser Ω la matriz resultante de una red, entonces las de autoridad y distribución ($\mathcal{A}$ y $\mathcal{H}$) se estiman como sigue:

Matriz de autoridad

$$\mathcal{A} = \Omega^T \Omega$$

Matriz de distribución

$$\mathcal{H} = \Omega \Omega^T$$

Multiplicar una matriz de adyacencia simétrica por ella misma permite identificar todos los nodos que pueden contactarse entre sí en adyacencias de segundo orden en dos pasos (Haining, 2004). Sin embargo, en el caso de matrices de adyacencia no simétrica (es decir, dirigidas), multiplicar la matriz por una versión transpuesta de la misma permite identificar adyacencias dirigidas (dentro o fuera) de segundo orden. Con respecto a $\mathcal{A}$, multiplicar Ω^T por Ω envía las ponderaciones hacia atrás (en contra de las flechas, hacia el nodo que apunta), en tanto que multiplicar Ω por Ω^T (como en $\mathcal{H}$) manda los puntajes hacia adelante (donde la dirección de las flechas apunta hacia el nodo señalado) (Bjelland *et al.*, 2008).

Dado que $\mathcal{A}$ y $\mathcal{H}$ son matrices simétricas no negativas (incluso si Ω es dirigida y acíclica), puede estimarse una centralidad única del vector propio de $\mathcal{A}$ y $\mathcal{H}$ y la centralidad resultante, además de los puntajes positivos distintos de cero para cada nodo. Esto contrasta con la centralidad del vector propio estándar en una matriz dirigida y de adyacencia acíclica, donde la centralidad de valor propio mostrará puntuaciones iguales (cero) para cada nodo.

*Política monetaria y estabilidad financiera
en economías pequeñas y abiertas*
se terminó de editar, imprimir
y encuadernar en Bogotá, D. C., Colombia
en noviembre de 2015.

Se compuso en fuente tipográfica
Times New Roman de cuerpo 10 puntos.