

LA ESTRUCTURA DEL MERCADO INTERBANCARIO Y DEL RIESGO DE CONTAGIO
EN COLOMBIA

Dairo Estrada y Paola Morales (*)

(*) Dairo Estrada es director del Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República de Colombia (correo electrónico: destrada@banrep.gov.co). Paola Morales es profesional del Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República de Colombia (correo electrónico: amoralac@banrep.gov.co).

Los autores agradecen a Andrés Medaglia su colaboración y sus comentarios; a Jorge Sefair, su interés y colaboración en el desarrollo del modelo; a Daniel Osorio, las discusiones sobre el tema, y a Agustín Saade, su importante colaboración en la finalización del documento.

Este artículo es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja necesariamente la opinión del Banco de España.

El mercado interbancario desempeña un papel muy importante como distribuidor de recursos líquidos. No obstante, si muchas entidades enfrentan simultáneamente problemas de liquidez, la oferta agregada de liquidez sería menor que la demanda y los bancos estarían obligados a acudir al banco central en busca de recursos líquidos a un costo más elevado. En este documento se examina la estructura del mercado interbancario en Colombia y, a partir de un modelo de simulación, se analiza el comportamiento del riesgo de contagio, durante el período 2005-2007. El riesgo de contagio es definido como el riesgo que enfrenta una entidad de no satisfacer su demanda de liquidez en el mercado interbancario a causa de choques de liquidez en las demás entidades. Para el período de análisis se encuentra un incremento en el riesgo de contagio, que se fundamenta en una menor capacidad de absorción de las entidades.

1 Introducción

En teoría financiera se define riesgo como la dispersión de los resultados debida a los movimientos de variables financieras. Dentro de los riesgos que enfrenta una institución financiera se encuentran: el riesgo de mercado, el riesgo de crédito, el riesgo de liquidez, el riesgo de tasa de interés y el riesgo de tasa de cambio¹. El riesgo de liquidez, en particular, se define como la incapacidad de una institución para tener acceso a las necesidades de efectivo que le permitan cumplir con sus obligaciones de deuda o retiros de depósitos. Puede aparecer por problemas de fondeo (*funding-liquidity risk*) o de liquidez de mercado (*market-liquidity risk*). El riesgo de liquidez de mercado consiste en que una institución no puede liquidar fácilmente una posición sin incurrir en pérdidas excesivas por la disminución en el precio de los activos; mientras que el riesgo de fondeo de liquidez es el riesgo de que una institución no se encuentre en capacidad de responder por sus obligaciones en las fechas establecidas [Banco de la Reserva Federal (Fed) de Estados Unidos (1994)].

En Colombia, buena parte del manejo de la liquidez de las entidades financieras se lleva a cabo por intermedio de operaciones *repo*², de títulos de deuda pública en el mercado interbancario. «Desde este punto de vista, este mercado constituye una fuente de liquidez a la cual las entidades pueden recurrir en caso de experimentar dificultades, por tal razón, una buena administración del riesgo de liquidez depende crucialmente del correcto funcionamiento de este mercado. Así mismo... la liquidez (del mercado) puede afectar la posición de riesgo de liquidez de las entidades individuales» [Banco de la República (Banrep) (2006)]. De este modo, cuando una entidad enfrenta faltantes de liquidez puede acudir al mercado interbancario de títulos de deuda pública y vender parte de sus activos. No obstante, si el mercado se encuentra ilíquido, las entidades se verán obligadas a acudir al banco central en busca de liquidez a un costo más elevado. Según González y Osorio (2006), en presencia de un choque sistémico, la liquidez de mercado resulta ser una restricción a la solución del faltante de liquidez de las entidades.

En este contexto, si un día cualquiera las entidades que se encontraban en condiciones de ofrecer liquidez en el mercado interbancario enfrentan un choque de liquidez por retiros inesperados en sus depósitos de ahorro y cuenta corriente, la oferta agregada de liquidez dismi-

1. Para más información acerca de los diferentes tipos de riesgo que enfrenta una institución financiera, véase Cabrales (2004), *Diseño de una metodología para la medición y el monitoreo del riesgo de liquidez en instituciones financieras colombianas*. 2. Los *repos* son contratos para vender y subsecuentemente volver a comprar títulos valores a un precio específico y en una fecha determinada.

nuirá y las entidades demandantes de liquidez se verán perjudicadas, ya que no podrán fondearse en el mercado interbancario.

Con el propósito de fomentar una correcta gestión y manejo del riesgo de liquidez, la regulación colombiana plantea que cada establecimiento de crédito debe determinar su grado de exposición al riesgo de liquidez mediante el análisis de la maduración de los activos, pasivos y posiciones fuera de balance. La determinación del grado de exposición se deberá efectuar mediante el cálculo de una brecha de liquidez (IRL: indicador de riesgo de liquidez), definida como: $IRL = ALM + RLN$, donde ALM son los activos líquidos ajustados por liquidez de mercado, es decir, valorados a su precio actual, y RLN es el requerimiento de liquidez neto estimado. $RLN = FNVC + FNVNC$, donde FNVC es el flujo neto de caja por vencimientos contractuales de activos, pasivos y posiciones fuera de balance en un horizonte de una semana y FNVNC³ es el flujo neto de caja estimado para los siguientes siete días de depósitos y exigibilidades que no corresponden a vencimientos contractuales. El FNVC puede ser positivo o negativo, según sean mayores los ingresos de caja que los egresos, pero el FNVNC tiene signo negativo. Los establecimientos de crédito se encuentran obligados a reportar los resultados de la medición de riesgo semanalmente y en ningún caso podrán presentar un IRL menor que cero.

Según González y Osorio (2006), «la importancia de monitorear y regular adecuadamente el riesgo de liquidez está asociada con el riesgo sistémico y con la estabilidad del sistema financiero: si las entidades no miden bien el riesgo de liquidez y este no está bien regulado, un choque de liquidez puede afectar la posición de las entidades financieras». Dependiendo de la exposición al riesgo de liquidez, las entidades acudirán al mercado interbancario con el propósito de vender o de comprar nuevas posiciones en títulos de deuda pública (venderán cuando demanden liquidez y comprarán cuando ofrezcan liquidez).

En este documento se definirá riesgo de contagio como aquel que enfrenta una entidad de que su demanda de liquidez no sea satisfecha en el mercado interbancario, debido a que las entidades dispuestas a ofrecer liquidez han sido afectadas por choques inesperados. Dada esta definición, las entidades con menor brecha de liquidez estarán más expuestas al riesgo de contagio o, en otras palabras, dependerán en menor medida de flujos positivos provenientes del mercado interbancario. Por lo anterior, es importante que las entidades cuenten con una medida de la probabilidad de encontrar recursos líquidos en el mercado interbancario, es decir, que tengan una noción de la fortaleza de este mercado en condiciones estresadas.

El mercado interbancario tiene una estructura que se puede representar por medio de una red, compuesta por nodos (instituciones financieras) y arcos (transacciones entre instituciones financieras). En este documento se analiza la estructura de dicho mercado y se desarrolla un modelo que simula cómo se podría afectar el flujo en los arcos, frente a choques inesperados de liquidez en los nodos de la red. El modelo permite evaluar el nivel de resistencia del mercado de títulos de deuda pública en un período de tiempo determinado; que, para efectos de este trabajo, será el período comprendido entre enero de 2005 y octubre de 2007. Los principales resultados sugieren que la red del mercado interbancario colombiano presenta una estructura completa, en la cual todo par de nodos se encuentra interconectado. Según la literatura, este tipo de estructuras reduce el riesgo de contagio. No obstante, mediante el mode-

3. FNVNC = $-fn^*$ [depósitos y exigibilidades a la fecha], donde fn es el factor de retiros netos para un horizonte de siete días. Este se calcula como el máximo porcentaje de reducción neta de la suma de depósitos y exigibilidades que haya sufrido la respectiva entidad. El FNVNC es, por tanto, un indicador de un escenario de retiros estresado.

lo de simulación se concluye que, durante el período de análisis, el riesgo de contagio presentó un comportamiento creciente. El documento está organizado en cinco secciones, siendo la primera esta introducción. La segunda sección realiza una revisión de literatura. La tercera analiza el mercado interbancario de títulos de deuda pública en Colombia. La cuarta presenta un modelo de simulación que permite medir el riesgo de contagio a través del tiempo y muestra los resultados encontrados para el caso colombiano. Y, finalmente, la quinta sección presenta algunos comentarios a modo de conclusiones.

2 Una breve revisión de los modelos realizados en otros países

Existe una gran variedad de modelos de contagio, que pueden ser clasificados en tres grupos: el primero explora la posibilidad de que el riesgo de liquidez individual se convierta en un riesgo sistémico por medio de la relación con el riesgo de mercado. Es decir, estudia la posibilidad de que se reduzca el valor de los activos de todo el sistema debido a las ventas realizadas por las entidades que enfrentan un período de escasez de liquidez. Dentro de este grupo se encuentran los trabajos realizados por Cifuentes et ál. (2005) y Estrada y Osorio (2007), entre otros.

Cifuentes et ál. (2005) exploran el riesgo de liquidez en un sistema de instituciones financieras interconectadas y plantean que, cuando la demanda por activos negociables no es perfectamente elástica, las ventas elevadas de estos activos por parte de las instituciones que enfrentan escasez de liquidez disminuyen los precios de mercado de los activos del sistema, reduciendo el valor del portafolio de todos los bancos que componen el sistema financiero. Por su parte, Estrada y Osorio (2007) simulan un modelo que intenta capturar el comportamiento de un tesorero que enfrenta un choque sobre los depósitos y los préstamos y encuentran que el contagio financiero depende fuertemente del tamaño del mercado de activos, el cual se encuentra asociado con la demanda por préstamos de una economía.

El segundo grupo considera que el riesgo de contagio depende de la estructura del mercado interbancario. Dentro de este grupo se encuentran los trabajos realizados por Allen y Gale (2000), Boss et ál. (2004) y Nier et ál. (2007), entre otros.

Allen y Gale (2000) plantean que los bancos tienen incertidumbre sobre la demanda de liquidez por parte de sus depositantes; sin embargo, estos choques de liquidez se encuentran imperfectamente correlacionados a lo largo de todos los bancos y, por lo tanto, el mercado interbancario funciona como un elemento de cobertura de riesgo para cada banco. Los autores encuentran que la resistencia del mercado interbancario a choques de liquidez depende de la estructura de este mercado; los mercados interbancarios completos son más robustos y permiten repartir de manera óptima el riesgo entre los depositantes y los bancos, en comparación con los mercados con una estructura incompleta.

El trabajo realizado por Boss et ál. (2004) se centra en analizar cómo la estructura del sistema bancario de Austria afecta la estabilidad de la red al eliminar uno de los nodos (bancos). Los autores encuentran que existen pocos bancos con muchas conexiones interbancarias y muchos bancos con pocas conexiones interbancarias, lo cual sugiere que el sistema bancario de Austria es resistente ante los problemas de liquidez que pueda enfrentar un banco.

Por su parte, Nier et ál. (2007) emplean simulaciones basadas en la teoría de grafos aleatorios con el fin de construir un sistema bancario compuesto por un número de bancos que se encuentran interconectados entre sí por medio de transacciones financieras. La red interbancaria se construye como un grafo aleatorio cuyos parámetros son el número de bancos y la matriz de probabilidades de conexiones entre bancos, las cuales se asumen iguales para cada par de bancos; es decir, $p_{ij} = p$. Los autores varían los parámetros que definen la estructura del siste-

ma financiero y analizan la influencia de estos parámetros en la probabilidad de que un banco enfrente problemas de liquidez. Los resultados que encuentran son los siguientes:

- 1 El efecto del grado de conectividad no es monótono, es decir, inicialmente un pequeño incremento en la conectividad incrementa el efecto contagio, pero después de un umbral el grado de conectividad mejora la habilidad del sistema financiero para absorber choques.
- 2 El tamaño de los pasivos interbancarios tiende a incrementar el riesgo de incumplimiento de los bancos.
- 3 Los sistemas bancarios más concentrados son más propensos a un riesgo sistémico más grande, *ceteris paribus*.

El tercer grupo plantea que el riesgo de liquidez individual se puede convertir en riesgo sistémico cuando los problemas de liquidez de un banco, o de un conjunto de bancos, son transmitidos a los otros a causa de las relaciones explícitas existentes entre ellos [Furfine (1999)]. Este grupo, a diferencia del anterior, no se centra únicamente en teoría de redes para determinar la sensibilidad al contagio: si bien hace simulaciones empleando una red determinada, también analiza cómo se comporta la red ante cambios en distintas variables de balance de los bancos. Dentro de este grupo se encuentran los trabajos realizados por Furfine (1999), Upper y Worms (2002), Lublój (2004) y por el Banco de México (2007), entre otros.

Furfine (1999), de acuerdo con los pagos realizados por medio del sistema de transferencia de alto valor de la Reserva Federal, identifica las posiciones bilaterales de los préstamos interbancarios y examina la probabilidad de que los problemas de liquidez de un banco puedan causar iliquidez en un número elevado de bancos. El resultado que se encuentra es que el riesgo de contagio es económicamente pequeño.

El modelo de Upper y Worms (2002) propone que el riesgo de crédito asociado con los préstamos interbancarios se puede traducir en un efecto dominó, donde los problemas de liquidez que enfrenta un banco pueden ser transmitidos a otros bancos que no contaban con problemas de liquidez. Los autores utilizan la información de balance en la estimación de la matriz de créditos bilaterales para el sistema bancario alemán y encuentran que los problemas de liquidez de un banco pueden llegar a afectar aproximadamente al 15% de los activos del sistema financiero.

Lublój (2004) estudia el mercado interbancario húngaro y encuentra que este es moderadamente concentrado y puede verse como una estructura con múltiples centros monetarios, en la cual aproximadamente el 95% de las transacciones interbancarias tiene como contraparte al menos uno de estos centros monetarios, que son en total entre 10 y 15 de los bancos más grandes. La autora analiza el contagio generado a partir de los problemas de liquidez que enfrenta un banco; es decir, propone que si un banco es incapaz de responder por sus pasivos interbancarios puede poner en peligro la habilidad de sus bancos acreedores para responder por sus obligaciones. Asimismo, encuentra que, aun bajo escenarios poco realistas, el efecto de contagio es muy limitado, ya que los bancos húngaros tienen exposiciones interbancarias muy limitadas.

Por último, el Banco de México (2007) plantea que durante el día las exposiciones entre bancos pueden ser muy grandes; por lo tanto, la incapacidad de un banco de cumplir con sus obligaciones podría tener un efecto negativo en la capacidad de otros bancos para satisfacer

sus compromisos. El Banco de México (2007) modela el riesgo sistémico en dos fases: i) una fase de choque, en la cual el impacto sobre la liquidez que enfrenta un banco es independiente del que enfrentan los demás bancos, y ii) una fase de contagio, en la cual se modelan los bancos que son contagiados de los problemas de liquidez que enfrentan las entidades en la primera etapa.

3 Mercado interbancario colombiano

El SEN (Sistema Electrónico de Negociación) es un sistema computacional mediante el cual, a través de estaciones de trabajo remotas conectadas en tiempo real a un servidor, diferentes participantes del sistema financiero pueden negociar en el mercado secundario de títulos valores depositados en el Depósito Central de Valores (DCV), efectuar operaciones *repo* y simultáneas, y efectuar transacciones en el mercado interbancario de dinero en forma transparente, segura y confiable [Banrep (2006)]. Este trabajo se centra únicamente en aquellas operaciones con plazo entre cero y dos días, realizadas por entidades bancarias durante todos los viernes⁴ del período comprendido entre enero de 2005 y octubre de 2007. Para este último mes, la muestra de entidades que se toman, cuenta con el 71% de la cartera total del sistema financiero y con el 67% de los activos totales del mismo.

Mientras que el número de operaciones diarias que realizaban estas entidades por intermedio del SEN a principios de 2005 estaba cerca de 626, para octubre de 2007 este número se encontró aproximadamente en 107 operaciones diarias, lo que implica una disminución del -76,78% (gráfico 1).

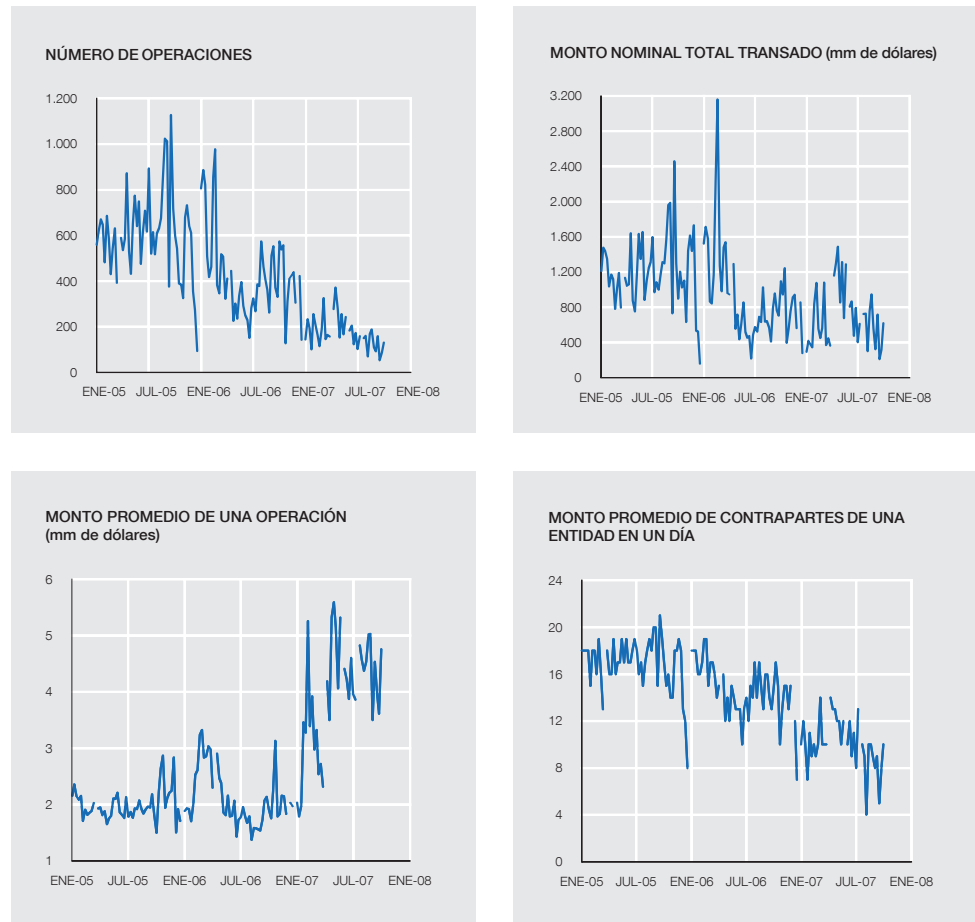
Asimismo, el monto total transado por estas entidades en el mercado interbancario ha disminuido en términos nominales. Para enero de 2005 se encontraba, en promedio, en 1.368 mm de dólares, mientras que para octubre de 2007 se encontraba en tan solo 621 mm de dólares; sin embargo, vale la pena resaltar que el comportamiento ha sido muy volátil a lo largo del tiempo. En cuanto al número de contrapartes con las que una entidad negocia diariamente, estas han disminuido de 18 contrapartes en promedio para enero de 2005 a 10 para octubre de 2007. Tanto esta disminución como la presentada para el monto transado y para el número de operaciones pueden estar fundamentadas en la pérdida de participación del SEN en el mercado secundario de títulos de deuda pública.

Finalmente, el monto promedio de una operación ha tenido un crecimiento en términos nominales, pasando de 2,28 mm de dólares en enero de 2005 a 3,91 mm de dólares en octubre de 2007, lo cual permite concluir que cada entidad transa actualmente un monto promedio individual mayor que en años anteriores.

3.1 ESTRUCTURA

Allen y Gale (2000) distinguen tres tipos de estructuras interbancarias: i) una estructura completa, en la cual cada banco se encuentra simétricamente conectado a todos los demás bancos del sistema; ii) una estructura incompleta, donde los bancos se encuentran conectados únicamente con bancos vecinos, y iii) una estructura desconectada e incompleta, donde coexisten dos mercados interbancarios completamente desconectados. Estos autores concluyen que, si el mercado interbancario es completo, el impacto inicial de un choque inesperado en un banco puede ser absorbido por un gran número de bancos, lo cual atenúa el impacto. Sin embargo, si el mercado interbancario es incompleto y, por tanto, cada banco está conectado a un número pequeño de bancos, el impacto inicial de un choque en un banco puede ser transmitido únicamente a sus bancos vecinos, pero con una magnitud mucho más grande, lo cual hará que

4. Se utilizan únicamente los datos de los viernes del mercado interbancario, puesto que la información contable que se emplea para calcular la brecha de liquidez en el modelo solo se encuentra disponible en el formato 281 de la Superintendencia Financiera de Colombia, con datos de los viernes.



FUENTE: Banco de la República, cálculos propios.

el choque se transmita de banco a banco a lo largo de todo el sistema financiero. Esto sugiere que un mercado con una estructura completa es menos propenso al contagio. No obstante, el Banco Nacional Húngaro (MNB) (2002) plantea que, cuando las pérdidas se encuentran concentradas en los bancos que se caracterizan por tener una mayor cantidad de relaciones interbancarias, el número de transmisiones será mayor y, por tanto, se multiplica la magnitud del riesgo.

Freixas et ál. (2000) adicionan una cuarta estructura, en la cual existe un centro monetario que se encuentra simétricamente conectado con otros bancos que no están conectados entre sí. Estos autores muestran que en este tipo de estructuras los problemas de liquidez de un banco que se encuentra conectado al centro monetario no generan problemas de liquidez en este, pero iliquideces en el centro monetario pueden generar problemas en los bancos que se encuentran conectados a él. También existen sistemas bancarios con múltiples centros monetarios, como el sistema húngaro, el belga o el austriaco.

A continuación se presentan matricialmente las estructuras mencionadas (cuadro 1). Las filas de cada matriz corresponden a los prestamistas, y las columnas, a los prestatarios. Las posiciones con 1 representan conexiones entre los bancos y las posiciones con 0 representan ausencia de conexión entre las partes. De manera más formal, x_{ij} toma el valor 1 si la entidad i le presta a la entidad j , y 0 en caso contrario.

Para el caso colombiano, la estructura del mercado interbancario se asemeja a una estructura completa, en la cual la mayoría de las entidades se encuentran interconectadas entre sí.

ESTRUCTURA COMPLETA					ESTRUCTURA INCOMPLETA				
	BANCO A	BANCO B	BANCO C	BANCO D		BANCO A	BANCO B	BANCO C	BANCO D
Banco A	0	1	1	1	Banco A	0	1	0	0
Banco B	1	0	1	1	Banco B	0	0	1	0
Banco C	1	1	0	1	Banco C	0	0	0	1
Banco D	1	1	1	0	Banco D	1	0	0	0

ESTRUCTURA DESCONECTADA E INCOMPLETA					ESTRUCTURA CON CENTRO MONETARIO				
	BANCO A	BANCO B	BANCO C	BANCO D		BANCO A	BANCO B	BANCO C	BANCO D
Banco A	0	1	0	0	Banco A	0	1	1	1
Banco B	1	0	0	0	Banco B	1	0	0	0
Banco C	0	0	0	1	Banco C	1	0	0	0
Banco D	0	0	1	0	Banco D	1	0	0	0

a. Filas: prestamistas; columnas: prestatarios.

A continuación se presentan las matrices del mercado interbancario de títulos de deuda pública (TES) para el último viernes de cada mes de junio comprendido dentro del período de análisis. En estas matrices, O_{ij} representa el monto en pesos que la entidad i compra de TES a la entidad j . El color de las celdas varía de acuerdo con el monto total de las transacciones realizadas entre agentes.

Como se puede observar en el cuadro 2, el grado de completitud ha venido decreciendo en los últimos dos años, lo cual sugiere, según Allen y Gale (2000), que el mercado interbancario se ha vuelto ligeramente más propenso al contagio. En los gráficos A.1, A.2 y A.3 del anexo, se encuentra la representación gráfica de estas matrices, así como los histogramas del total de arcos incidentes a los nodos.

Según Lublój (2004), existen otras dos dimensiones importantes en la estructura del mercado interbancario:

- 1 La dispersión, que hace referencia a la distribución de los activos y pasivos interbancarios. Si estos se encuentran igualmente distribuidos a lo largo de todos los bancos, se dice que el sistema es disperso, lo cual disminuye la probabilidad de contagio. Una manera de determinar la evolución en el grado de dispersión de la red consiste en calcular el coeficiente de variación del peso relativo que tiene cada par de agentes (m_{ij}). De esta manera, definiendo m_{ij} como $\frac{\alpha_i}{\sum_j \alpha_j}$, donde α_i son los activos interbancarios del banco i y l_j son los pasivos interbancarios del banco, se obtiene una medida del tamaño de cada pareja de agentes en la red. El gráfico 2 muestra el coeficiente de variación de esta medida (m_{ij}) para todos los viernes del período de análisis⁵. Como se puede apreciar, el coeficiente de variación presentó niveles más altos para los primeros meses de 2007, lo cual sugiere que durante este período los activos y pasivos líquidos tuvieron una distribución más desigual en comparación con la presentada durante los dos años anteriores.

5. El coeficiente de variación se encuentra definido como la relación entre la desviación estándar y la media (σ/μ). Esta medida resulta útil para comparar dispersiones a escalas distintas. Un mayor coeficiente de variación implica una mayor heterogeneidad de los valores de la variable.

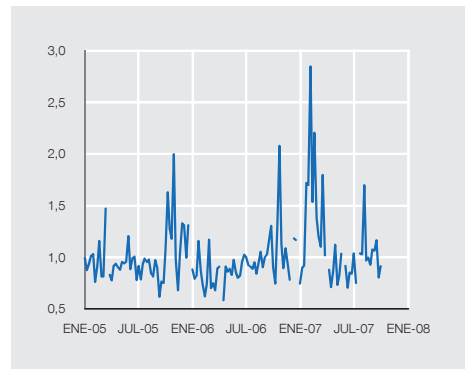
FECHA: 24.6.2005														
MONTOS (COP MM\$)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14
B1		11	26	40	21	51	13	7	10	18	4	23		
B2	1		4	8	16	8	1	2	2	6		12		
B3	45	9		18	5	53	3	3		2	6	3		
B4	40	13	31		45	34	5	5	14	15	11	5		
B5	12	6	10	19		29	1	8	5	3	3			
B6	0		1	13	2					2				
B7	7	2	8	12	23	17			2	2		3		
B8	11	12	6	12	7	15	3			4	8	5		
B9	4	2	6	2	11	3	1			5	3			
B10	17	7	4	10	7	21	2		5		0	8		
B11	7	3	1			7	3			2		1		
B12	37	11	9	27		36	6			4	6			
B13														
B14	14	3	3	6	2	13	0	0		3		14		

FECHA: 30.6.2006														
MONTOS (COP MM\$)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14
B1			2	6	6	5				3		1		
B2				2	1	1				2		1		
B3				1	5	2	1			8		1		
B4	7	2	9		20	32	4	5	1	22		12		
B5	10	3	4	40		15	3	4	2	18		18		
B6	21	4	6	16	6			7		3		5		
B7	5	2	1	8	4	4				6		2		
B8			3	2	6	3			0	1				
B9				0		1				2		0		
B10	1		3	2	12	11						5		
B11														
B12				2	6	11		1		6				
B13														
B14		1		11	1	5	1	2				11		

FECHA: 29.6.2007														
MONTOS (COP MM\$)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14
B1				8	5			5		5				
B2														
B3	5			21	20	5				13		15	10	
B4	5		22		21	12				40		5		
B5	5			15		15	23	15		50			5	
B6			5	40	10			5		10			2	
B7			5							5				
B8			10	0	15	5	8			20		12	20	
B9														
B10			40	62	15	20		29					10	
B11														
B12	1		1		15			5		5			5	
B13				25		5				10				
B14				5	5	2				5		6	6	

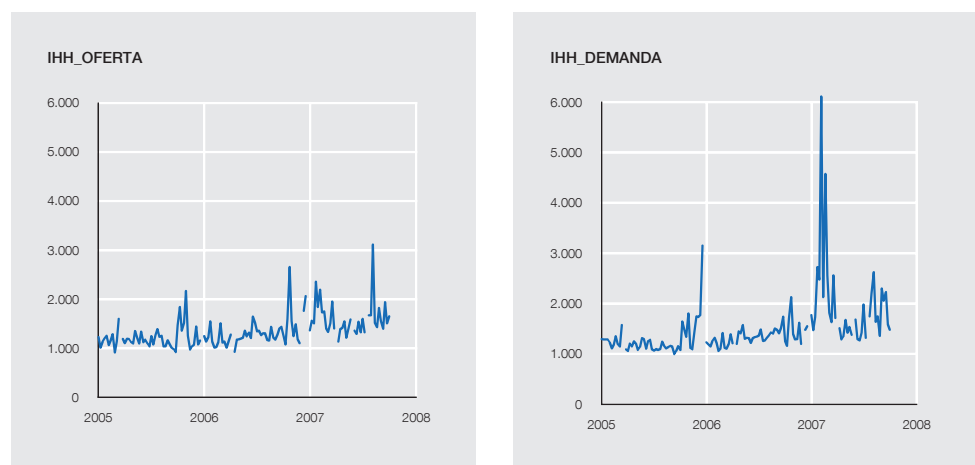
	Mayores de 30 MM\$		Entre 10 MM\$ y 30 MM\$		Menores de 10 MM\$
--	--------------------	--	-------------------------	--	--------------------

a. COP MM\$: miles de millones de pesos colombianos.



FUENTE: Banco de la República, cálculos propios.

ÍNDICE DE HERFINDAHL-HIRSCHMAN DE LA OFERTA Y DE LA DEMANDA DE LIQUIDEZ



FUENTE: Banco de la República, cálculos propios.

- 2 La concentración, que hace referencia al grado en que las transacciones interbancarias se concentran solo en unas pocas entidades. Según Cifuentes et ál. (2005), el riesgo de que un choque idiosincrático se transmita a través del sistema es sustancialmente mayor en sistemas concentrados que en sistemas desconcentrados. Una estructura concentrada puede identificarse fácilmente visualizando la red interbancaria. Si una entidad particular concentra buena parte de las transacciones del mercado, existirían muchos arcos incidentes en esa entidad y muy pocos incidentes en las demás entidades. Para determinar la evolución del nivel de concentración a lo largo del período analizado, se calculó el índice de Herfindahl-Hirschman (IHH)⁶. Según los resultados encontrados, tanto la oferta como la demanda de liquidez han presentado una concentración moderada; sin embargo, a partir de principios de 2007 este indicador de concentración empezó a tener una tendencia creciente, alcanzando niveles más altos para la oferta de liquidez durante los primeros meses de 2007 (gráfico 3).

Este resultado tiene implicaciones interesantes para el riesgo de liquidez que enfrentan las entidades, ya que, si el mercado es particularmente concentrado, el

6. El IHH es un índice que mide el nivel de concentración de un mercado. El rango en el que se encuentra el indicador es $0 < IHH < 10.000$, donde un índice menor de 1.000 se considera de baja concentración; entre 1.000 y 1.800, como de concentración media o moderada; y un índice superior a 1.800, como de alta concentración.

manejo del riesgo depende crucialmente del comportamiento de pocas entidades, por cuanto los problemas de una de ellas pueden transmitirse a otras entidades mediante el mercado de títulos [Banrep (2006)].

Vale la pena resaltar que si bien se presentaron fusiones durante el periodo analizado, estas no tuvieron un efecto significativo en la evolución del indicador de concentración; es decir, al calcular el IHH agrupando las entidades que se fusionaron en una única entidad, este no cambia significativamente.

4 Una aplicación del riesgo de contagio

4.1 EL MODELO

En esta sección se desarrolla un modelo para evaluar el riesgo de contagio en el sistema financiero colombiano. El modelo empleado va en línea con los trabajos que proponen que el riesgo de liquidez individual se puede convertir en un riesgo sistémico, cuando el choque en un conjunto de bancos puede ser transmitido a todos los bancos, por intermedio de las transacciones financieras entre ellos. En particular, se diferencia de los modelos citados en la sección 2, en la medida en que se modelan de manera explícita la demanda y la oferta de liquidez de los agentes.

El sistema financiero es modelado como una red con varios nodos, en la cual cada nodo representa una entidad financiera y cada arco las transacciones financieras entre dos bancos. Vale la pena resaltar que el modelo presentado en esta sección, al igual que los propuestos por diferentes autores, no pretende simular la realidad con exactitud; lo que busca es encontrar una respuesta aproximada a la pregunta: ¿cómo ha sido la evolución del riesgo de contagio en el sistema financiero colombiano? Es decir, busca medir la habilidad del sistema financiero para absorber choques inesperados.

El modelo simula un choque de liquidez en cada uno de los nodos de la red y estudia la posibilidad de que las entidades reduzcan su oferta de liquidez a causa del choque experimentado. Una entidad reducirá su oferta de liquidez si el choque inicial es superior a su capacidad de absorción. Asimismo, estudia la posibilidad de que dichas disminuciones en la oferta de liquidez de un banco afecten a las ofertas de liquidez de los demás bancos. Este efecto se puede expandir a lo largo de todo el sistema, hasta que la totalidad de los choques iniciales sea absorbida, de la misma forma en que puede colapsar parte o la totalidad de una línea de fichas de dominó cuando una de ellas cae. En el modelo, la construcción de la red del mercado interbancario para cada día del período de análisis se realiza a partir de la información suministrada por el Sistema Electrónico de Negociación (SEN) del Banco de la República. Dicha información contiene la descripción de las operaciones diarias realizadas por intermedio de este sistema, e incluye tanto las contrapartes de cada operación como su monto. A partir de esta información, es posible calcular cuál es el monto total diario en títulos de deuda pública (TES) que cada entidad compró a cada una de sus contrapartes. Es decir, se puede deducir una matriz como la presentada a continuación, donde O_{ij} representa el monto en pesos que la entidad i compra de TES a la entidad j o, en el contexto del modelo, la oferta de liquidez del banco i al banco j :

$$O = \begin{bmatrix} 0 & O_{12} & \dots & O_{1N} \\ O_{21} & 0 & \dots & O_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ O_{N1} & O_{N2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

La suma de las operaciones de compra de una entidad representa su oferta total de liquidez, y la suma de las operaciones de venta representa la demanda total de liquidez. Es decir, la oferta de liquidez del banco i viene dada por:

$$OL_i = \sum_{j=1}^N O_{ij}$$

Mientras que la demanda de liquidez del banco está dada por:

$$DL_i = \sum_{j=1}^N O_{ji}$$

De otra parte, la estructura de balance de los bancos se encuentra dividida en activos y pasivos de corta y larga duración. Siempre que los activos líquidos de una entidad no alcancen a cubrir sus pasivos líquidos, el riesgo de liquidez es alto [González y Osorio (2006)], ya que ante choques inesperados, como, por ejemplo, choques en los depósitos de ahorro y cuenta corriente, la entidad cuenta con una menor capacidad de absorción de los mismos. Es por esto por lo que una entidad conservadora intentará mantener un *gap* de liquidez positivo, que, a su vez, le permita limitar su dependencia de flujos positivos en el mercado interbancario.

Dada la importancia de la brecha entre activos y pasivos líquidos, se incluirá el *gap* de liquidez de cada entidad en cada período (gap_i) como una medida de la capacidad de absorción de cada entidad ante choques de liquidez inesperados. Este *gap* de liquidez es calculado como la diferencia entre activos líquidos y pasivos volátiles (excluyendo los activos y pasivos interbancarios).

Como supuestos importantes, vale la pena mencionar que el modelo funciona en ausencia de un banco central y supone que, en presencia de choques, cada entidad podrá ofrecer un monto de liquidez menor o igual al monto ofrecido en ausencia de choques de liquidez. Si el primer supuesto se viola, y dependiendo de los objetivos de política monetaria⁷, el riesgo de contagio podría ser mitigado, ya que las entidades contarían con otra fuente alternativa de liquidez (aunque a un costo más elevado). Sin embargo, aunque el efecto contagio sea mitigado no se elimina por completo, pues el efecto precio continúa presente y aumentos elevados en la venta de activos traen consigo disminuciones en el valor de los activos y, por ende, en el valor del portafolio de los bancos, tal como lo expone el primer grupo de la literatura presentado en el capítulo anterior.

La liquidez de cada entidad, en ausencia de choques, está dada por:

$$\text{Liquidez}_i = gap_i + DL_i - OL_i \quad \forall i \in N$$

Donde:

- gap_i es el *gap* de liquidez del banco i .
- OL_i es la oferta de liquidez del banco i en el mercado interbancario.
- DL_i es la demanda de liquidez del banco i en el mercado interbancario.
- N es el número de bancos de sistema financiero.

Y los choques de liquidez están dados por:

$$\text{choque}_i = sck_i * (cc_i + ah_i) \quad \forall i \in N$$

7. Si existe una disyuntiva entre los objetivos de política monetaria y los objetivos de estabilidad financiera, el riesgo de contagio no sería mitigado.

donde:

- cc_i son los depósitos de cuenta corriente del banco i .
- ah_i son los depósitos de ahorro del banco i .
- sck_i : tamaño del choque inicial en depósitos de ahorro y cuenta corriente que enfrenta el banco i , $sck_i \geq 0$, $\forall i \in N$. Para el caso colombiano se utiliza el valor del porcentaje de retiros más altos en la historia de cada banco.

El mecanismo de transmisión de choques funciona de la siguiente manera: si una entidad no cuenta con suficientes activos líquidos para absorber el choque inicial, disminuiría su oferta de liquidez. Esta reducción afecta a las entidades que habrían recibido liquidez por parte de dicha entidad en ausencia de choques. En consecuencia, la liquidez disponible de una entidad disminuirá tanto por los choques iniciales como por la demanda no satisfecha. Asimismo, la reducción en la liquidez disponible generará que algunas entidades reduzcan aún más su oferta de liquidez.

De este modo, siendo DNS_i la demanda de liquidez no satisfecha de la entidad i a causa de los choques producidos, entonces $DNS_i = \sum_j^N ons_{ji}$, donde ons_{ji} es la oferta de liquidez de la entidad j que deja de ser ofrecida a la entidad i . Por otra parte, siendo OS_i la oferta satisfecha de liquidez de la entidad i después de absorber tanto los choques de liquidez iniciales como la disminución en la demanda satisfecha de liquidez, entonces $OS_i = OL_i - \sum_j^N ons_{ij}$. Por lo tanto, la liquidez disponible de la entidad i queda dada por:

$$\text{Liquidez}_i = \text{gap}_i + DL_i - DNS_i - OS_i - \text{choque}_i$$

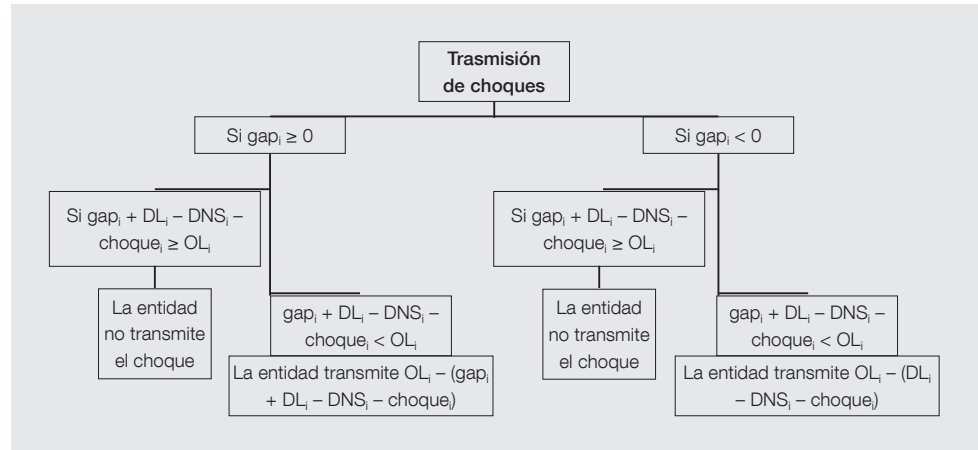
En el gráfico 4 se presenta un diagrama que muestra en qué casos una entidad transmitiría parte de los choques iniciales por medio de reducciones en su oferta de liquidez. Es decir, muestra en qué casos una entidad particular no podrá absorber los choques exógenos y/o endógenos y deberá tomar la decisión de disminuir su oferta de liquidez.

No obstante, puesto que las reducciones en la oferta de liquidez de una entidad pueden generar reducciones en la oferta de liquidez de otras entidades, el modelo será particionado en etapas de contagio, como en el modelo presentado por el Banco de México (2007). La primera etapa considera únicamente la disminución en la oferta de liquidez como resultado de los choques iniciales; es decir, se asume que todas las entidades reciben la totalidad de su demanda de liquidez en el mercado interbancario. Gráficamente, se considerarán únicamente los arcos de transmisión provenientes de entidades cuyo choque inicial no pudo ser absorbido en su totalidad (gráfico 5).

Siendo $ONS_{i,1}$ la oferta de liquidez que deja de ser ofrecida por la entidad i en la primera etapa, su valor variará dependiendo del choque inicial y de la liquidez inicial de la entidad i , tal como se presenta a continuación:

$$ONS_{i,1} = \begin{cases} OL_i & \text{si } (\text{gap}_i + DL_i - \text{choque}_i) < 0 \\ OL_i - (\text{gap}_i + DL_i - \text{choque}_i) & \text{si } (\text{gap}_i + DL_i - \text{choque}_i) < OL_i \text{ y } \text{gap}_i > 0 \\ OL_i - (DL_i - \text{choque}_i) & \text{si } (\text{gap}_i + DL_i - \text{choque}_i) < OL_i \text{ y } \text{gap}_i < 0 \\ 0 & \text{si } (\text{gap}_i + DL_i - \text{choque}_i) \geq OL_i \end{cases}$$

Este monto, que también puede entenderse como el monto del choque que no puede ser cubierto por los activos ilíquidos, es distribuido en forma aleatoria, con signo negativo, a lo



largo de todas las entidades que esperaban cubrir parte de su demanda con la oferta de liquidez de la entidad i. De este modo, se tiene que:

$$ONS_{i,1} = \sum_j^N ons_{ij,1} \quad \forall i \in N, \quad \text{donde } ons_{ij,1} \leq O_{ij}$$

Es decir, el monto que deja de ser ofrecido a la entidad j por parte de la entidad i ($ons_{ij,1}$) debe ser menor o igual que el monto que era ofrecido a la entidad j por parte de la entidad i en ausencia de choques inesperados de liquidez (O_{ij}).

La segunda etapa se centra en determinar si una entidad debe disminuir su oferta de liquidez, dado que su demanda de liquidez ha dejado de ser cubierta en la primera etapa. Gráficamente, esto se puede entender como la reducción en la oferta de liquidez a lo largo de la red como resultado de la disminución en las ofertas de liquidez de la primera etapa (gráfico 6).

Al comienzo de la segunda etapa, la demanda satisfecha de una entidad estará dada por:

$$DS_{i,1} = DL_i - DNS_{i,1} \quad \forall i \in N$$

Mientras que la oferta de liquidez que una entidad continúa ofreciendo después de la primera etapa es:

$$OS_{i,1} = OL_i - ONS_{i,1} \quad \forall i \in N$$

Y la oferta de liquidez ofrecida por la entidad i a la entidad j será:

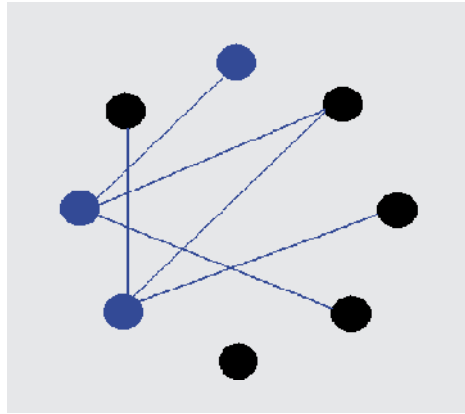
$$OS_{ij,1} = OL_{ij} - ons_{ij,1} \quad \forall i, j \in N$$

A continuación se especifica en qué casos una entidad se ve forzada a disminuir en la segunda etapa su oferta de liquidez.

$$ONS_{i,2} = \begin{cases} OS_{i,1} & \text{si } (gap_i + DS_{i,1} - choque_i) < 0 \\ OS_{i,1} - (gap_i + DS_{i,1} - choque_i) & \text{si } (gap_i + DS_{i,1} - choque_i) < OS_{i,1} \text{ y } gap_i > 0 \\ OS_{i,1} - (DS_{i,1} - choque_i) & \text{si } (gap_i + DS_{i,1} - choque_i) < OS_{i,1} \text{ y } gap_i < 0 \\ 0 & \text{si } (gap_i + DS_{i,1} - choque_i) \geq OS_{i,1} \end{cases}$$

PRIMERA ETAPA DE CONTAGIO: Los nodos en azul representan las entidades que no lograron absorber en su totalidad los choques iniciales y la disminución en sus ofertas están dadas por los arcos azules

GRÁFICO 5



Nuevamente, esta reducción en la oferta de liquidez será distribuida a lo largo de todas las entidades que esperaban satisfacer su demanda con la oferta de la entidad i , en la etapa 1. Es decir,

$$ONS_{i,2} = \sum_j^N ons_{ij,2}$$

donde:

$$ons_{ij,2} \leq O_{j,1} \quad \forall i \in N, j \in N$$

El contagio se podrá seguir presentando siempre y cuando exista por lo menos una entidad con una oferta de liquidez positiva, cuya demanda satisfecha haya sido reducida en la etapa anterior y por esta razón no pueda cubrir toda su oferta del período anterior. De este modo, para el comienzo de la etapa $k - 1$ se tendrá que la demanda satisfecha y la oferta de liquidez de cada entidad estarán dadas, respectivamente, por:

$$DS_{i,k-1} = DS_{i,k-2} - DNS_{i,k-1} \quad \forall i \in N$$

$$OS_{i,k-1} = OS_{i,k-2} - ONS_{i,k-1} \quad \forall i \in N$$

Mientras que la liquidez ofrecida por la entidad i a la entidad j será:

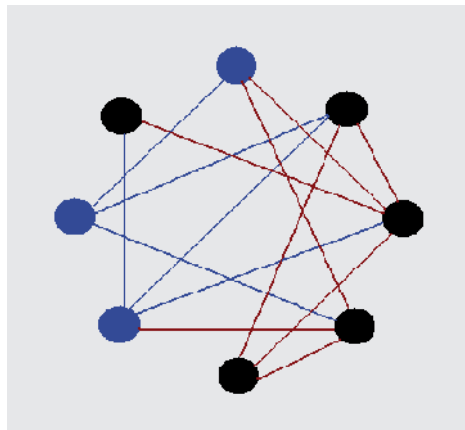
$$O_{ij,k-1} = O_{ij,k-2} - ons_{ij,k-1}$$

Si para la etapa k de contagio aún existen entidades que deben disminuir su oferta de liquidez a causa de las reducciones de liquidez en la etapa $k - 1$, las reducciones de liquidez de cada entidad estarán dadas por:

$$ONS_{i,k} = \begin{cases} OS_{i,k-1} & \text{si } (gap_i + DS_{i,k-1} - choque_i) < 0 \\ OS_{i,k-1} - (gap_i + DS_{i,k-1} - choque_i) & \text{si } (gap_i + DS_{i,k-1} - choque_i) < OS_{i,k-1} \text{ y } gap_i > 0 \\ OS_{i,k-1} - (DS_{i,k-1} - choque_i) & \text{si } (gap_i + DS_{i,k-1} - choque_i) < OS_{i,k-1} \text{ y } gap_i < 0 \\ 0 & \text{si } (gap_i + DS_{i,k-1} - choque_i) \geq OS_{i,k-1} \end{cases}$$

y

$$ONS_{i,k} = \sum_j^N ons_{ij,k} \quad \forall i \in N$$



donde

$$ons_{ij,k} \leq O_{ij,k-1} \quad \forall i \in N, j \in N$$

El final del proceso de contagio está dado por la condición de que la oferta no satisfecha de cada entidad en la etapa k sea igual a cero; es decir, $ONS_{i,k} = 0 \quad \forall i \in N$, lo que indica que no existen más transmisores del choque de liquidez. Cabe anotar que las entidades contagiadas son aquellas cuya demanda no satisfecha resulta ser positiva.

Como se ha mencionado, la transmisión de choques se lleva a cabo mediante reducciones en la oferta de liquidez. No obstante, resulta difícil determinar a qué contrapartes dejaría de ofrecer liquidez una entidad en particular. Existen sistemas en los cuales todas las entidades pueden conocer sus posibles contrapartes antes de realizar una operación y, por tanto, es posible que cada agente establezca un *ranking* de contrapartes. En este contexto, se esperaría que una entidad deje de ofrecer liquidez (en caso de tener que hacerlo) a aquellas entidades peor catalogadas en el *ranking*. Sin embargo, en sistemas como el SEN, las operaciones realizadas son semiciegas, lo que indica que las entidades solo pueden conocer sus contrapartes una vez realizada la operación⁸. Por lo anterior, resulta necesario encontrar un mecanismo para repartir las disminuciones de liquidez. Es así como en este modelo, en cada etapa de contagio, se realiza una distribución aleatoria de las reducciones de oferta de liquidez de cada entidad, a partir de un programa de minimización de costos, donde los costos son tomados como números aleatorios.

De esta manera, para cada etapa k de contagio se resuelve el siguiente problema:

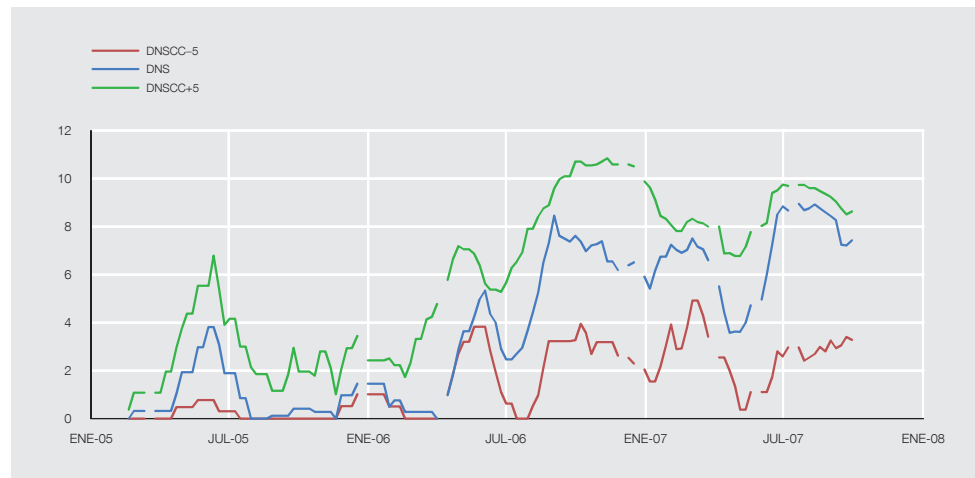
$$\begin{aligned} & \min \sum_i^N \sum_j^N \cos t_{ij} ons_{ij,k} \\ & \text{s.a. } ons_{ij,k} \leq O_{ij,k-1} \quad \forall i \in N, j \in N \\ & ONS_{i,k} = \sum_j^N ons_{ij,k} \quad \forall i \in N \end{aligned}$$

⁸. Es por esto por lo que, cuando dos entidades se encuentran conectadas en ambos sentidos, es decir, se ofrecen liquidez mutuamente, los resultados del modelo no se ven afectados.

**NÚMERO DE ENTIDADES CUYA DEMANDA DE LIQUIDEZ
NO FUE COMPLETAMENTE SATISFECHA**

GRÁFICO 7

Promedio móvil de ocho semanas



FUENTE: Banco de la República, cálculos propios.

DNSCC-5: Número de entidades con demanda no satisfecha positiva, tras un choque inicial igual al nivel de retiros más altos de la historia para cada banco, menos un 5%.

DNS: Número de entidades con demanda no satisfecha positiva, tras un choque inicial igual al nivel de retiros más altos de la historia para cada banco.

DNSCC+5: Número de entidades con demanda no satisfecha positiva, tras un choque inicial igual al nivel de retiros más altos de la historia para cada banco, más un 5%.

donde $cost_{ij}$ hace referencia al costo de reducir la oferta de liquidez por parte de la entidad i a la entidad j ; este costo es generado de forma aleatoria y se encuentra entre 0 y 1. Por su parte, $ons_{ij,k}$ son las variables de decisión y tanto $O_{ij,k-1}$ como $ONS_{i,k}$ son conocidos.

La primera restricción asegura que la oferta de liquidez que deja de ser ofrecida por parte de la entidad i a la entidad j en la etapa k , $ons_{ij,k}$ no sea superior al monto que era ofrecido en la etapa anterior, $O_{ij,k-1}$.

Por su parte, la segunda restricción asegura que la oferta total que debe dejar de ser ofrecida por parte de la entidad i , $ONS_{i,k}$, sea igual a la suma de las disminuciones en la oferta liquidez, a cada una de las contrapartes de la entidad i .

Como medida de transmisión de choques, se toma el número de bancos contagiados, es decir, el número de bancos cuya demanda de liquidez no fue completamente satisfecha o, en otras palabras, el número de entidades en las cuales DNS_i toma un valor mayor que cero en una o más de las etapas de contagio. Asimismo, se calcula el número de entidades transmisoras, es decir, el número de entidades que se ven obligadas a reducir su oferta de liquidez o, en términos del modelo, el número de entidades en las cuales ONS_i toma un valor mayor que cero en una o más de las etapas de contagio.

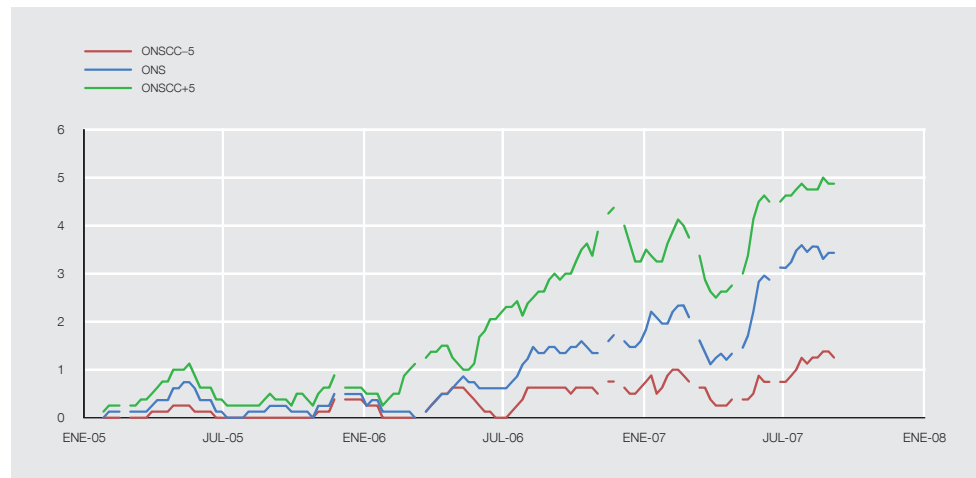
4.2 RESULTADOS

Para evaluar cómo reacciona el sistema financiero ante un escenario de estrés, se simula el modelo presentado en la sección anterior bajo tres escenarios: el primero toma como choque inicial el porcentaje de retiros de depósitos de ahorro y cuenta corriente más alto en la historia de cada banco; el segundo toma un choque equivalente a la suma entre el más alto y un 5% adicional, y el tercero, un choque equivalente al más alto menos un 5%. Aunque estos escenarios son extremos, son plausibles, lo cual hace interesante el ejercicio. El modelo se simula para cada viernes del período comprendido entre enero de 2005 y octubre de

NÚMERO DE ENTIDADES QUE OFRECEN MENOS LIQUIDEZ DE LA QUE OFRECÍAN EN AUSENCIA DE CHOQUES

GRÁFICO 8

Promedio móvil de ocho semanas



FUENTE: Banco de la República, cálculos propios.

ONSCC-5: Número de entidades con oferta no satisfecha positiva, tras un choque inicial igual al nivel de retiros más altos de la historia para cada banco, menos un 5%.

ONS: Número de entidades con oferta no satisfecha positiva, tras un choque inicial igual al nivel de retiros más altos de la historia para cada banco.

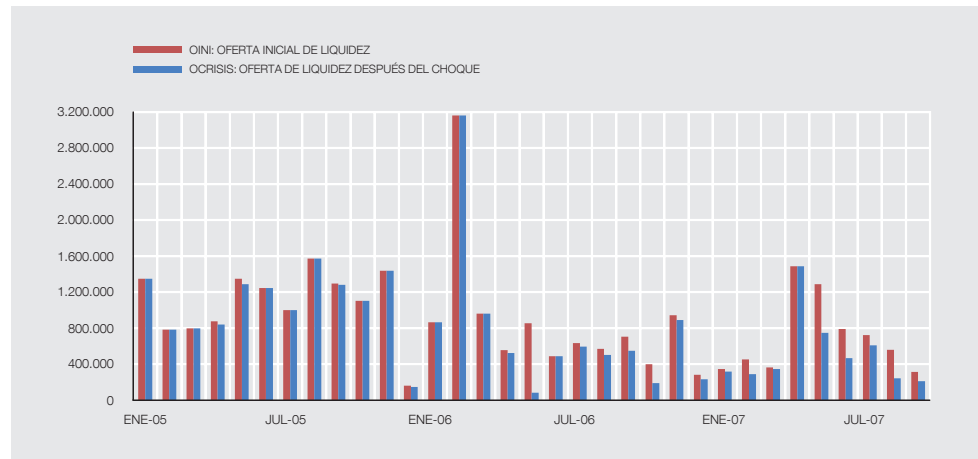
ONSCC+5: Número de entidades con oferta no satisfecha positiva, tras un choque inicial igual al nivel de retiros más altos de la historia para cada banco, más un 5%.

2007⁹. Las estadísticas reportadas son calculadas a partir de la media de un total de 1.000 simulaciones para cada día¹⁰. Dentro de los principales resultados que arroja el modelo se encuentra el número de entidades cuya demanda de liquidez no fue completamente cubierta, debido a la transmisión de choques vía disminución en la oferta de liquidez. En el gráfico 7 se presenta el promedio móvil de ocho semanas de esta variable para cada escenario. Como se puede apreciar, en los últimos dos años el número de entidades contagiadas se ha incrementado, pasando de niveles cercanos a dos entidades a principios de 2005, a niveles cercanos a siete entidades en octubre de 2007.

Asimismo, el número de entidades que disminuyen su oferta de liquidez, bien sea porque no alcanzan a absorber los choques iniciales, o bien porque dependen fuertemente de las ofertas de liquidez del mercado interbancario y sus demandas no son cubiertas (a causa de los choques experimentados por las demás entidades) presenta un comportamiento creciente durante el período de análisis (gráfico 8). Esto permite concluir que actualmente las entidades son más vulnerables al enfrentar problemas de liquidez, por su baja capacidad de absorción de choques o por su gran dependencia de activos líquidos del mercado interbancario.

Vale la pena resaltar que los resultados encontrados para los diferentes escenarios son coherentes con los esperados; es decir, choques más grandes traen consigo un mayor número de entidades perjudicadas.

⁹. Se toman datos de transacciones de los viernes aprovechando que existe, además, información de cuentas activas y pasivas de balance de entidades al finalizar cada semana. ¹⁰. Son necesarias las múltiples simulaciones diarias, dadas las distintas formas de distribución del choque entre las diversas contrapartes de cada entidad: cada entidad recibe un choque de liquidez y, si no se encuentra con la capacidad de absorber completamente el choque, lo transmitirá, mediante una reducción de su oferta de liquidez, a las demás entidades. El orden en que sus contrapartes reciben este choque se simula de manera aleatoria uniforme. Vale anotar que los choques son simultáneos sobre todas las entidades.



FUENTE: Banco de la República, cálculos propios.

Por último, es interesante comparar la oferta agregada de liquidez en situaciones no estresadas (la observada) con la oferta de liquidez bajo condiciones estresadas (tomando los choques del primer escenario). Como se puede observar en el gráfico 9, para el 2005 estos dos montos se encontraban en niveles muy similares; sin embargo, los dos años más recientes muestran un comportamiento diferente, pues buena parte de la oferta de liquidez deja de ser ofrecida bajo condiciones estresadas.

5 Conclusiones

En el ámbito microeconómico, las instituciones financieras reasignan liquidez por medio del mercado interbancario, de tal manera que las instituciones con un exceso de liquidez transfieren liquidez a aquellas con déficit de liquidez. En el ámbito macroeconómico, los mercados interbancarios refuerzan la integración financiera, pero al mismo tiempo incrementan las conexiones y las exposiciones a riesgos comunes en el sistema financiero. Como consecuencia, este tipo de mercados representa un importante canal de contagio, por medio del cual problemas que afecten a un banco o a un país se pueden expandir a otros bancos o a otros países [Degryse y Nguyen (2004)]. Es decir, el mercado interbancario se encuentra sujeto a un trade-off entre mejorar la solidez del sistema gracias a una reasignación de liquidez y exponer al sistema a un efecto contagio.

En Colombia, el mercado interbancario de títulos de deuda pública desempeña un papel muy importante como redistribuidor de recursos líquidos. No obstante, si muchas entidades enfrentan problemas de liquidez simultáneamente, todo el sistema financiero puede ser contagiado a través del mercado interbancario.

El riesgo y la severidad del contagio se encuentran influenciados por factores específicos de cada país, tales como el volumen de las transacciones interbancarias y la estructura del mercado interbancario [Lublóy (2004)]. Para el caso colombiano, la estructura del mercado interbancario de títulos de deuda pública transados por intermedio del SEN se asemeja a una estructura completa, en la cual la mayoría de las entidades se encuentran interconectadas entre sí. No obstante, el grado de completitud ha venido decreciendo en los últimos dos años, lo cual sugiere, según Allen y Gale (2000), que el mercado interbancario se ha vuelto ligeramente más propenso al contagio. En cuanto al nivel de concentración, este ha tenido un comportamiento creciente por el lado de la oferta de liquidez, lo que según Cifuentes et ál. (2005) aumenta el riesgo de contagio.

En este documento se desarrolla un modelo de simulación que permite analizar cómo ha sido la evolución del riesgo de contagio en el mercado interbancario. El modelo presentado intenta

enfatar la idea de que choques de liquidez experimentados por diferentes instituciones del sistema financiero pueden ser transmitidos a todos los demás bancos por medio de la disminución de la oferta de liquidez en el mercado interbancario de títulos de deuda pública, afectando a la capacidad de las instituciones para responder de sus obligaciones financieras. Aunque es un modelo simple, captura los elementos esenciales para analizar el riesgo de contagio.

A partir de las simulaciones realizadas para el período comprendido entre enero de 2005 y octubre de 2007, se encuentra que el riesgo de contagio estuvo en niveles muy bajos durante 2005; sin embargo, tuvo un comportamiento creciente durante 2006 y 2007, lo cual sugiere que actualmente las entidades son más vulnerables al enfrentar problemas de liquidez, por su baja capacidad de absorción de choques o por su gran dependencia de activos líquidos del mercado interbancario.

BIBLIOGRAFÍA

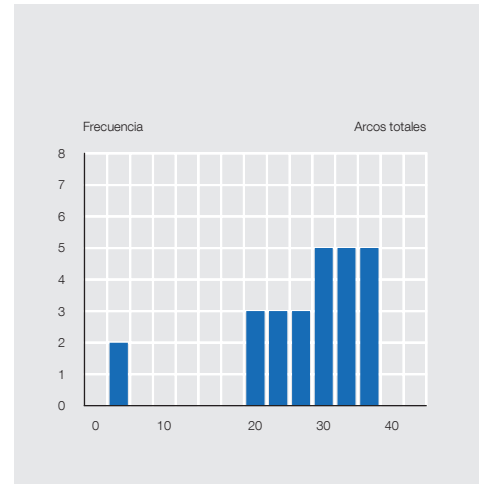
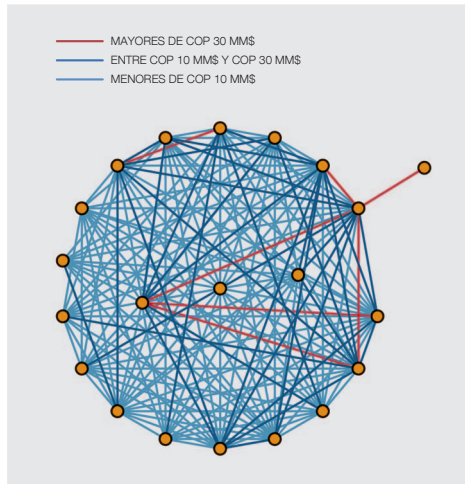
- ALLEN, F., y D. GALE (2000). «Financial Contagion», *Journal of Political Economy*, 108, pp. 1-33.
- BANCO DE LA REPÚBLICA (2006). *Reporte de Estabilidad Financiera*, septiembre.
- BANCO DE MÉXICO (2007). *Riesgo sistémico: un modelo de redes para estimar la distribución de pérdidas para el sistema financiero*, mimeo.
- BOSS, M., H. ELSINGER, M. SUMMER y S. THURNER (2004). *The Network Topology of the Interbank Market*, Oesterreichische Nationalbank, Working Paper Series A-1011.
- BRIDGES, B. (1999). «Europe and the Asian Financial Crisis: Coping with Contagion», *Asian Survey*, 39, 3, pp. 456-467.
- CABRALES, S. A. (2004). *Diseño de una metodología para la medición y el monitoreo del riesgo de liquidez en instituciones financieras colombianas*, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, mimeo.
- CARSTENS, A. G., D. C. HARDY y C. PAZARBAŞIOĞLU (2004). *Cómo evitar la crisis bancaria en América Latina*, Fondo Monetario Internacional, Finanzas y Desarrollo, pp. 30-32.
- CHACÓN, S., y H. BANDA (2005). *La crisis financiera mexicana de 1994: una visión política económica*, Foro Internacional, pp. 445-465.
- CIFUENTES, R., G. FERRUCCI y H. SHIN (2005). *Liquidity Risk and Contagion*, Bank of England Working Paper Series, 264.
- DEGRYSE, H., y G. NGUYEN (2004). *Interbank Exposures: an Empirical Examination of Systemic Risk in Belgium Banking System*, Center Discussion Paper, n.º 2004-04.
- DIVISION OF BANKING SUPERVISION AND REGULATION (1994). *Commercial Bank Examination*, Board of Governors of the Federal Reserve, mimeo.
- ERGUNGOR, O., y J. THOMSON (2005). *Systemic Banking Crises*, Federal Reserve Bank of Cleveland, Policy Discussion Paper, n.º 90.
- ESTRADA, D., y D. OSORIO (2007). «Un enfoque de riesgo de mercado para el análisis del riesgo de liquidez», *Reporte de Estabilidad Financiera*, Banco de la República, marzo.
- FREIXAS, X., B. PARIGI y J. ROCHET (2000). «Systemic Risk, Interbank Relations, and Liquidity Provision by the Central Bank», *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 32, n.º 3, parte 2.
- FURFINE, C. (1999). *Interbank Exposures: Quantifying the Risk of Contagion*, BIS Working Papers, 70.
- GONZÁLEZ, J., y D. OSORIO (2006). «Una propuesta para la medición, monitoreo y regulación del riesgo de liquidez en Colombia», *Reporte de Estabilidad Financiera*, Banco de la República, septiembre.
- LELYVELD, I., y F. LIEDORP (2006). «Interbank Contagion in the Dutch Banking Sector: A Sensitivity Analysis», *International Journal of Central Banking*, 2, 2, pp. 99-133.
- LUBLÓY, Á. (2004). *Domino Effect in the Hungarian Interbank Market*, Hungarian National Bank Working Papers.
- NIER, E., Y. YANG, T. YORULMAZER y A. ALENTOR (2007). *Network Models and Financial Stability*, Bank of England Working Papers.
- UPPER, C., y A. WORMS (2002). *Estimating Bilateral Exposures in the German Interbank Market: Is there a Danger of Contagion?*, Discussion Paper 09/02, Economic Research Centre of Deutsche Bundesbank, febrero.

Anejo

Las redes de los gráficos A.1, A.2 y A.3 representan la red del sistema bancario para cada período de tiempo especificado. Cada nodo corresponde a una entidad, y cada arco, a una o más transacciones financieras entre dos entidades. El histograma de «arcos totales» representa la frecuencia de los arcos incidentes; es decir, la frecuencia del total de conexiones de los nodos, bien sea de oferta o bien de demanda de liquidez (de compra o de venta). Estos histogramas permiten concluir que el número de conexiones de cada banco con las demás entidades del sistema financiero ha ido decreciendo a lo largo del tiempo.

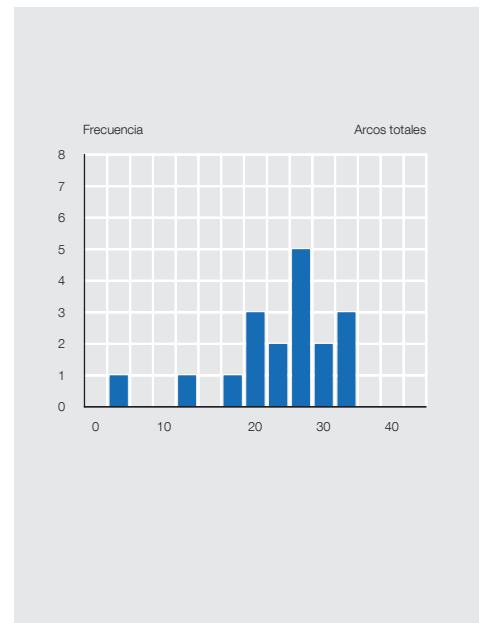
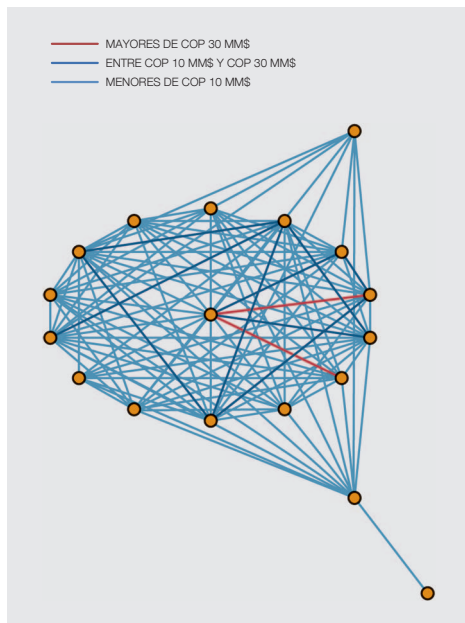
24 DE JUNIO DE 2005

GRÁFICO A.1



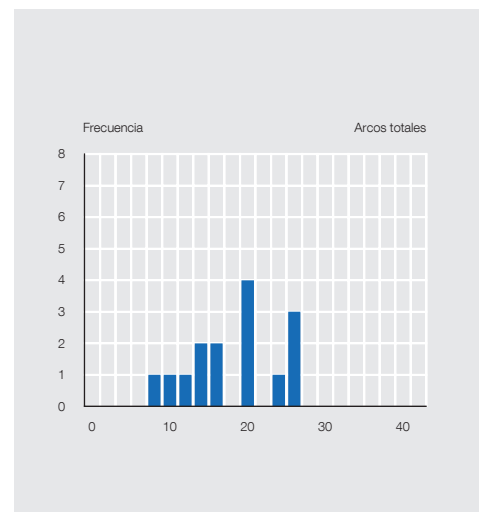
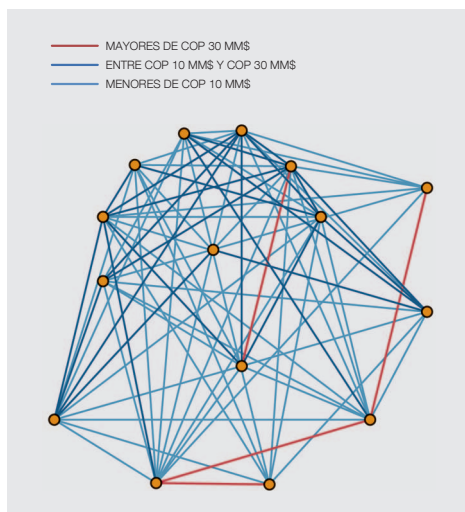
30 DE JUNIO DE 2006

GRÁFICO A.2



29 DE JUNIO DE 2007

GRÁFICO A.3



FUENTE: Banco de la República, cálculos propios.