



REPORTE DE ESTABILIDAD FINANCIERA

Marzo de 2008

La estructura del mercado interbancario y del riesgo de contagio en Colombia

Dairo Estrada
Paola Morales

La estructura del mercado interbancario y del riesgo de contagio en Colombia^{*}

Dairo Estrada^{**} Paola Morales^{***}

Resumen

El mercado interbancario juega un papel muy importante como distribuidor de recursos líquidos. No obstante, si muchas entidades enfrentan simultáneamente problemas de liquidez, la oferta agregada de liquidez será menor que la demanda y los bancos estarán 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, analizamos el comportamiento del riesgo de contagio, durante el periodo 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 periodo de análisis se encuentra un incremento en el riesgo de contagio, que se fundamenta en una menor capacidad de absorción de las entidades.

Clasificación JEL G21; G33; L14

Palabras Clave: Riesgo de liquidez, Riesgo sistémico, Contagio financiero.

^{*}Agradecemos a Andrés Medaglia por su colaboración y sus comentarios. A Jorge Sefair por su interés y colaboración en el desarrollo del modelo. Y al departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República por su apoyo constante e incondicional; agradecemos especialmente a Daniel Osorio por las discusiones sobre el tema.

^{**}Director, Departamento de Estabilidad Financiera, Banco de la República de Colombia. e-mail:destrada@banrep.gov.co

^{***}Profesional, Departamento de Estabilidad Financiera, Banco de la República de Colombia. e-mail:amoralac@banrep.gov.co

1. Introducción

El riesgo se puede definir como la volatilidad de los resultados esperados, generalmente en el valor de activos o pasivos de interés (Cabrales (2004)). En consecuencia, en teoría financiera se define al riesgo como la dispersión esperada de los resultados debida a los movimientos de variables financieras. Los riesgos que enfrenta una institución financiera se pueden clasificar en: financieros, comerciales, operativos, legales y estratégicos.

Dentro de los riesgos financieros se encuentran: el riesgo de mercado, el riesgo de crédito, el riesgo de liquidez, el riesgo tasa de interés y el riesgo 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 repo², 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 el banco central en busca de liquidez a un costo más elevado. Según Gonzalez 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 en 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

¹Para más información acerca de los diferentes tipos de riesgo que enfrenta una institución financiera referirse a Cabrales (2004), en: Diseño de una metodología para la medición y el monitoreo del riesgo de liquidez en instituciones financieras colombianas.

²Los repos son contratos para vender y subsecuentemente volver a comprar títulos valores a un precio específico y en una fecha determinada.

oferta agregada de liquidez disminuirá y las entidades demandantes de liquidez se verán perjudicadas; ya que no podrán fondearse en el mercado interbancario.

La regulación colombiana plantea, que cada establecimiento de crédito debe establecer 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 la brecha de liquidez, definida como la diferencia entre los activos más las contingencias deudoras y los pasivos más las contingencias acreedoras. Cuando la Brecha de Liquidez acumulada para el plazo de tres meses es negativa, ésta se denomina Valor en Riesgo por Liquidez. Según la regulación los establecimientos de crédito en ningún caso podrán presentar en dos evaluaciones consecutivas un Valor en Riesgo por Liquidez mayor, en términos absolutos, al de los activos líquidos netos (Superintendencia Bancaria [Superbancaria], 2005). Según Gonzalez 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 éste 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, aquellas 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).

Este documento analiza la estructura de dicho mercado y se desarrolla un modelo que simula como se podría afectar el flujo en los arcos, frente a choques inesperados de liquidez en los nodos de la red. El modelo permite evaluar qué tan robusto es el mercado de títulos de deuda pública en un periodo de tiempo determinado; que para efectos de este trabajo será el periodo comprendido entre enero del 2005 y octubre de 2007. Los principales resultados sugieren que la red del mercado interbancario de títulos de deuda pública colombiano presenta una estructura similar a una estructura completa, en la cual todo par de nodos se encuentran inter-conectados. Según la literatura, este tipo de estructuras reduce el riesgo de contagio. No obstante, mediante

el modelo de simulación se concluye, que durante el periodo de análisis, el riesgo de contagio presentó un comportamiento creciente. El documento está organizado en 6 secciones. La primera sección resume algunos episodios de crisis financieras experimentados a nivel mundial. La segunda realiza una revisión de literatura. La tercera analiza el mercado interbancario de títulos de deuda pública en Colombia. La cuarta presenta un análisis del mercado interbancario de títulos de deuda pública colombiano. La quinta 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 sexta sección presenta algunos comentarios a modo de conclusiones.

2. Episodios de crisis financieras

A nivel mundial se han presentado numerosas crisis financieras, dentro de las cuales vale la pena destacar: México (1994), Asia (1997), Rusia (1998) y Argentina (2001). Asia experimentó una serie de crisis financieras desde mediados de 1997 a las que el Fondo Monetario Internacional (FMI) y otras instituciones internacionales tuvieron que acudir para solventar sus problemas de deuda (Bridges (1999)). La crisis de México y las crisis de los países asiáticos se conocen como las primeras de la era de la globalización y reflejan la vulnerabilidad de las economías emergentes ante perturbaciones financieras internacionales.

Los países de América Latina y el Caribe han experimentado varios episodios de fallas en el sector financiero y su frecuencia, severidad y tendencia a repetirse, son motivo de particular preocupación (Carstens y Pazarbasioglu (2004)). En la figura (1) se presentan tanto los periodos de crisis financieras, como los periodos de tensión en el sistema financiero para estos países.

En casi todos los casos, las crisis han implicado una redistribución de la riqueza o una disminución en el ingreso. Según Ergungor y Thomson (2005) las crisis bancarias pueden tener efectos devastadores en las economías de países en desarrollo o industrializados, pues el costo de resolverlas y de recapitalizar los bancos puede ser enorme. Sin embargo, ha resultado difícil cuantificar la magnitud de dicho costo, pues características como el inicio y el final de un periodo de crisis no son fácilmente detectables y no siempre es claro si, por ejemplo, una disminución en el producto ha sido resultado de una crisis financiera o de algún otro fenómeno. A pesar de esto, la literatura ofrece estimaciones de la magnitud de los costos de dichas crisis. Un estimativo del coste que sugieren Ergungor y Thomson (2005) se presenta en la figura (2).

Según Allen y Gale (2000), la persistencia de crisis financieras alrededor del mundo ha permitido concluir que el sector financiero es usualmente susceptible a choques. Una teoría es que pequeños choques, que inicialmente afectan a unas pocas

Figura 1: **Episodios de Distress de los países de Latinoamérica y el Caribe.**

Crisis en el Sector Financiero		Tensión en el Sistema Financiero y crisis evitadas	
Argentina	1980, 1989, 1995, 2001	Bolivia	2003
Bolivia	1986, 1994	Brazil	2002
Brazil	1990, 1994	Costa Rica	1994
Chile	1976, 1981	Dominica	2003
Colombia	1982, 1999	Ecuador	2002
Costa Rica	1987	Guatemala	1991, 2000
Republica Dominicana	2003	Jamaica	1994, 2003
Ecuador	1982, 1996, 1998	Paraguay	2002
El Salvador	1989	Peru	2002
Guyana	1993	Trinidad y Tobago	1982
Haiti	1994	Venezuela	1978, 1985, 2002
Jamaica	1995		
Mexico	1981, 1994		
Nicaragus	1990, 2000		
Panama	1988		
Paraguay	1995		
Peru	1993		
Uruguay	1981, 2001		
Venezuela	1994		

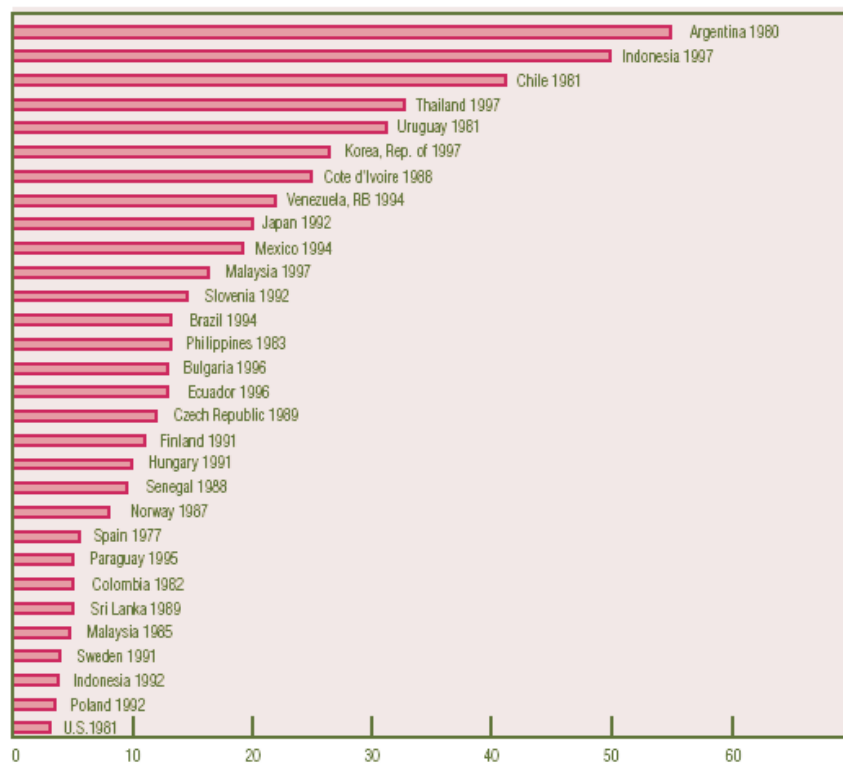
instituciones, son transmitidos al resto del sector financiero y terminan afectando a toda la economía.

Bajo una visión clásica de las crisis bancarias, el contagio mediante corridas bancarias es una fuente de inestabilidad sistémica. Bajo este punto de vista, la revelación de los problemas de solvencia de un banco puede inducir a los depositantes a retirar su dinero de otros bancos del sistema; y en ausencia de intervención por parte del banco central, las presiones de liquidez en el sistema bancario se pueden traducir en la descapitalización de un gran número de bancos y, por tanto, en el colapso del sistema financiero.

A nivel microeconómico, las instituciones financieras reasignan liquidez por medio del mercado interbancario, de tal manera que las instituciones con un exceso de liquidez, la transfieren a aquellas con déficit. A un nivel 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 u 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.

Para Boss et al. (2004) el riesgo sistémico tiene dos componentes principales: la exposición de los bancos a factores de riesgo comunes y el peligro de que se produzca un efecto dominó, ya que los bancos se encuentran conectados mediante un sistema complejo de mutuas relaciones crediticias y el incumplimiento de una institución puede afectar las posiciones financieras a lo largo de toda la cadena de conexiones.

Figura 2: Costo fiscal de las crisis bancarias como porcentaje del PIB.



Es por esto que el análisis del riesgo de contagio a través del mercado interbancario, es de gran importancia para evaluar la estabilidad del sistema financiero ante choques inesperados.

3. 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 primer grupo 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 periodo de escasez de liquidez. Dentro de este grupo se encuentran los trabajos realizados por Estrada y Osorio (2007) y Cifuentes et al. (2005), entre otros.

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. Por su parte, Cifuentes et al. (2005) exploran el riesgo de liquidez en un sistema de instituciones financieras interconectadas que se encuentran sujetas a restricciones regulatorias de solvencia. Plantean que cuando la demanda del mercado 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. Los autores concluyen que bajo ciertas circunstancias las regulaciones prudenciales pueden tener un efecto perverso en la estabilidad del sistema financiero.

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 Nier et al. (2007), Allen y Gale (2000) y Boss et al. (2004), entre otros.

Nier et al. (2007) emplean simulaciones basadas en la teoría de grafos aleatorios³ con el fin de construir un sistema bancario compuesto por un número de bancos que se encuentran inter-conectados entre sí por medio de transacciones financieras. En este modelo tanto la red interbancaria como el balance de los bancos son creados por los autores. La red interbancaria se construye como un grafo aleatorio cuyos parámetros son el número de bancos y la matriz de probabilidades de conexiones

³Grafo aleatorio: hace referencia a un grafo conformado por una colección de puntos con líneas que conectan aleatoriamente pares de puntos, en el cual cada punto es de grado mayor o igual a uno.

entre bancos. Los autores asumen que la probabilidad de conexión de cada par de bancos es igual; es decir, $p_{ij} = p$. Cuando un banco enfrenta un choque inesperado, este es absorbido primero por el patrimonio, después por los pasivos interbancarios y, por último, por los depósitos de los consumidores. Es decir, el modelo toma como prioridad proteger los depósitos de los consumidores y en segunda instancia proteger los pasivos interbancarios. Los autores varían los parámetros que definen la estructura del sistema financiero y analizan la influencia de estos parámetros en la probabilidad de default de los bancos. Los resultados que encuentran son los siguientes:

1. Los bancos mejor capitalizados son los más resistentes ante el efecto contagio, aunque este comportamiento no es lineal
2. 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
3. El tamaño de los pasivos interbancarios tiende a incrementar el riesgo de incumplimiento de los bancos.
4. los sistemas bancarios más concentrados son más propensos a un riesgo sistémico más grande, *ceteris paribus*.

Por su parte, 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 a los mercados con una estructura incompleta.

El trabajo realizado por Boss et al. (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 la quiebra de un banco, generada por un choque externo.

El tercer grupo plantea que el riesgo de liquidez individual se puede convertir en riesgo sistémico cuando el fracaso de un, o un conjunto pequeño de bancos, es transmitido a los otros a causa de las relaciones explícitas existentes entre bancos

(Furfine (1999)). Dentro de este grupo se encuentran los trabajos realizados por Upper y Worms (2002), Furfine (1999), Lubloy (2004) y por el Banco de México (2007), entre otros.

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 la falla de un banco resulta en la falla de otros bancos que no se encontraban directamente afectados por el choque inicial. Los autores usan la información de balance para estimar la matriz de créditos bilaterales para el sistema bancario Alemán y encuentran que la falla de un banco puede afectar aproximadamente el 15 % de los activos del sistema financiero.

Furfine (1999), en base a 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 la falla de un banco pueda causar el subsecuente colapso de un número elevado de otros bancos. El resultado que se encuentra es que el riesgo de contagio es económicamente pequeño.

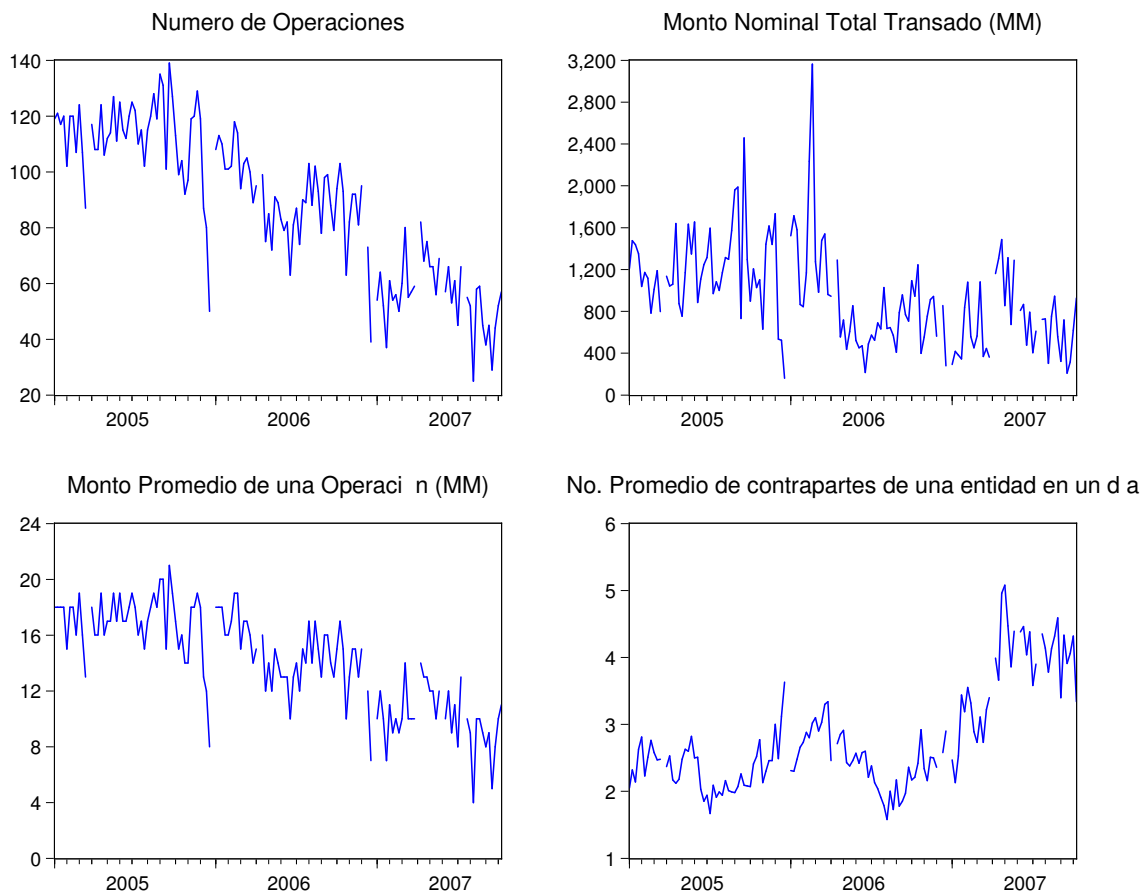
Lubloy (2004) estudia el mercado interbancario Húngaro y encuentra que este es moderadamente concentrado y puede verse como una estructura con múltiples centros monetarios en la cual aproximadamente el 95 % de las transacciones interbancarias tienen como contraparte al menos uno de estos centros monetarios, que son en total entre 10 y 15 de los bancos más grandes. El autor analiza el contagio generado a partir de la falla de un banco; es decir, propone que si un banco insolvente o ilíquido es incapaz de responder por sus pasivos interbancarios, puede poner en peligro la habilidad de sus bancos acreedores, para responder por sus obligaciones. El autor encuentra que aún bajo escenarios poco realistas el efecto de contagio es muy limitado, ya que los bancos Húngaros tienen exposiciones interbancarias muy limitadas.

Por último, Banco de México (2007) plantea que durante el día las exposiciones entre bancos pueden ser muy grandes, por lo tanto, la falla de un banco de cumplir con sus obligaciones podría tener un efecto en la capacidad de otros bancos de cumplir con sus obligaciones. Banco de México (2007) modela el riesgo sistémico en dos fases: i) una fase de shock, en la cual se asume que la falla de un banco es independiente de la de otros y ii) una fase de contagio, en la cual se modelan los bancos que fallan por contagio de bancos que fallaron en la primera etapa.

4. Mercado interbancario Colombiano

El SEN 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

Figura 3: Operaciones del Mercado Interbancario

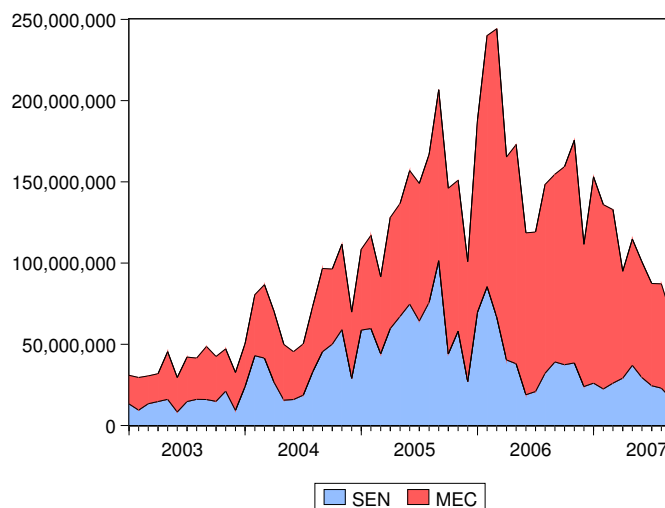


Simultáneas y efectuar transacciones en el mercado interbancario de dinero en forma, transparente, segura y confiable (Banrep, 2003). Este proyecto se centra únicamente en aquellas operaciones realizadas por entidades bancarias durante todos los viernes del periodo comprendido entre enero del 2005 y octubre del 2007. Para este último mes, la muestra tomada representa el 71 % de la cartera total del sistema financiero y el 67 % de los activos totales del mismo.

Mientras el número de operaciones diarias que realizaban estas entidades por intermedio del SEN a principios del 2005 estaba en cerca de 119, para octubre de 2007 este número se encontró en aproximadamente 54 operaciones diarias; lo que implica una disminución de -54.62 %.

Así mismo, el monto transado por estas entidades en el mercado interbancario ha disminuido en términos nominales. Para enero del 2005 se encontraba en promedio en

Figura 4: Operaciones del Mercado Interbancario



1.368 \$MM mientras que para octubre del 2007 se encontraba en tan solo 621\$MM; sin embargo vale la pena resaltar que el comportamiento ha sido muy volátil a lo largo del tiempo (ver figura 3). En cuanto al número de contrapartes con las que una entidad negocia diariamente, éstas han disminuido de 18 contrapartes en promedio para enero de 2005 a 10 para octubre de 2007 (ver figura 3). Tanto esta disminución, como la presentada para el monto transado y para el número de operaciones, pueden estar fundamentadas en las fusiones y adquisiciones de los últimos años; y 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 en enero de 2005 a 3.91 \$MM en octubre de 2007 (ver figura 4). Esto permite concluir que aunque el número de bancos ha disminuido y por ende se transan menos operaciones y globalmente el monto total es menor, cada entidad transa actualmente un monto promedio individual mayor que en años anteriores.

4.1. 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 completa-

Figura 5: Matrices de los diferentes tipos de estructura del mercado interbancario.

	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

mente 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 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.

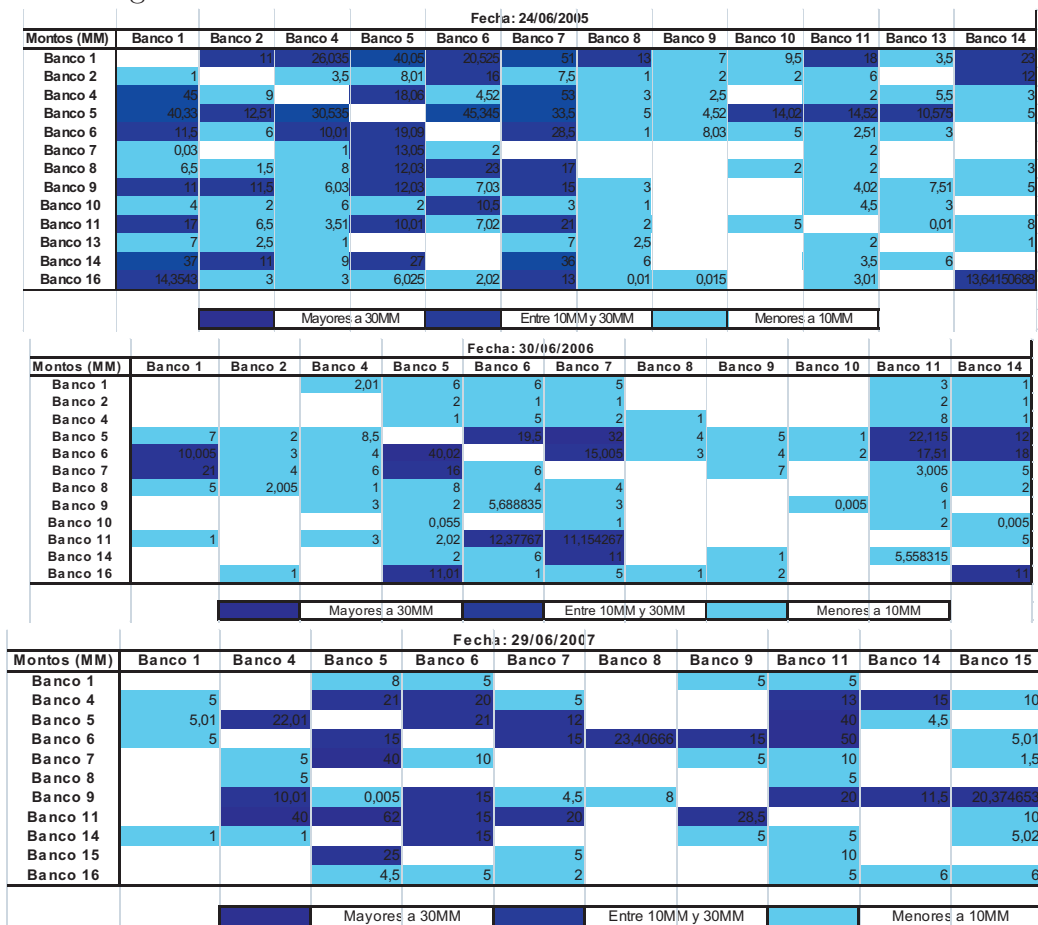
Freixas et al. (2000) adicionan una cuarta estructura en la cual existe un centro monetario que se encuentra simétricamente conectado con otros bancos que no están conectados entre ellos. Ellos muestran que en este tipo de estructuras la falla de un banco que se encuentra conectado al centro monetario no generará una falla en éste, pero una falla en el centro monetario puede inducir fallas 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 presenta un ejemplo de las matrices que representan cada uno de los tipos de estructura mencionados anteriormente. Las posiciones con 1 representan conexiones entre los bancos y las posiciones con 0 representan ausencia de conexión entre las partes.

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 inter-conectadas entre sí. A continuación se presentan las matrices del mercado interbancario de títulos de deuda pública, segmentadas por colores según el monto total de transacciones para el último viernes de cada mes de junio comprendido dentro del período de análisis.

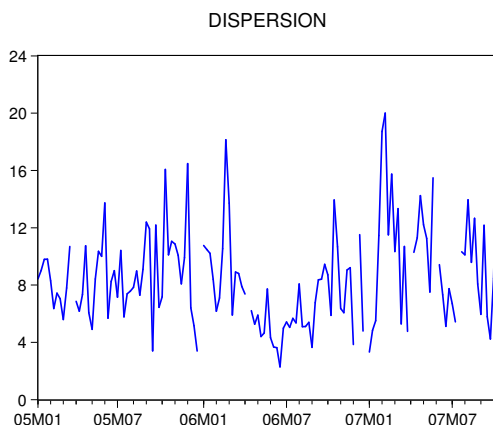
Figura 6: Matriz del mercado interbancario Colombiano



Como se puede observar en la figura (6), 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 las figuras 15, 16 y 17 del anexo, se encuentra la representación gráfica de estas matrices, así como los histogramas de los arcos entrantes y salientes; es decir, las frecuencias de los arcos de demanda y de los arcos de oferta, respectivamente.

Según Lubloy (2004) existen otras dos dimensiones importantes de la estructura del mercado interbancario:

Figura 7: **Dispersión semanal de la matriz interbancaria**



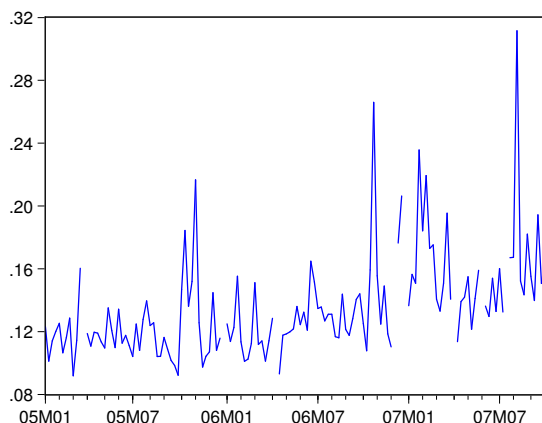
1. La dispersión, que hace referencia a la distribución de los activos y pasivos interbancarios. Si estos se encuentran igualmente distribuidos a lo largo de todos los bancos, se dice que el sistema es disperso; lo cual disminuye la probabilidad de contagio. Esta medida se calcula como la dispersión de $x_{ij} = \frac{a_i l_j}{\sum_{ij} x_{ij}}$, donde x_{ij} son los activos interbancarios que pasan del banco i al banco j , a_i son los activos interbancarios del banco i y l_j son los pasivos interbancarios del banco j . La figura (7) muestra el comportamiento semanal de esta medida durante el periodo de análisis.

Según esta medida, la probabilidad de contagio ha tenido un comportamiento muy volátil a lo largo del tiempo, presentando ligeros aumentos a mediados de junio del 2006 y ligeras disminuciones a principios del 2007.

2. La concentración, que hace referencia al grado en que las transacciones interbancarias se concentran sólo en unas pocas entidades. Según Cifuentes et al. (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 podría identificarse fácilmente visualizando la matriz interbancaria, si una entidad particular concentrara buena parte de las transacciones del mercado existirían muchos arcos incidentes a esa entidad y muy pocos incidentes a las demás entidades. Para determinar la evolución del nivel de concentración a lo largo del periodo analizado, se calculó el índice de Herfindahl para la oferta de liquidez y se encontró que este ha tenido un comportamiento creciente (Figura 8).

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

Figura 8: Índice de Herfindahl de la oferta de liquidez



el 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)

5. Una aplicación del riesgo de contagio

5.1. El Modelo

En esta sección se desarrolla un modelo para evaluar el riesgo de contagio en el sistema financiero colombiano. El modelo empleado tiene en cuenta algunas ideas de los modelos analizados en la sección 3, y 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.

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 para todos 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 su-

perior a su capacidad de absorción. Así mismo, estudia la posibilidad de que dichas disminuciones en la oferta de liquidez de un banco afecten 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 periodo 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 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 , ó en el contexto del modelo, la oferta de liquidez del banco i al banco j .

$$O = \begin{vmatrix} 0 & O_{12} & \dots & O_{1N} \\ O_{21} & 0 & \dots & O_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ O_{N1} & O_{N1} & \dots & 0 \end{vmatrix} \quad (5.1)$$

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:

$$OL_i = \sum_{j=1}^N O_{ij} \quad (5.2)$$

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

$$DL_i = \sum_{j=1}^N O_{ji} \quad (5.3)$$

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 (Gonzalez 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 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 periodo (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.

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 monetaria⁴, el riesgo de contagio podría ser mitigado, ya que las entidades contarían con otra fuente alterna 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 continua 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:

$$Liquidez_i = gap_i + DL_i - OL_i \quad \forall i \in N \quad (5.4)$$

Donde:

- gap_i Gap de liquidez del banco i .
- OL_i Oferta de liquidez del banco i en el mercado interbancario.
- DL_i 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:

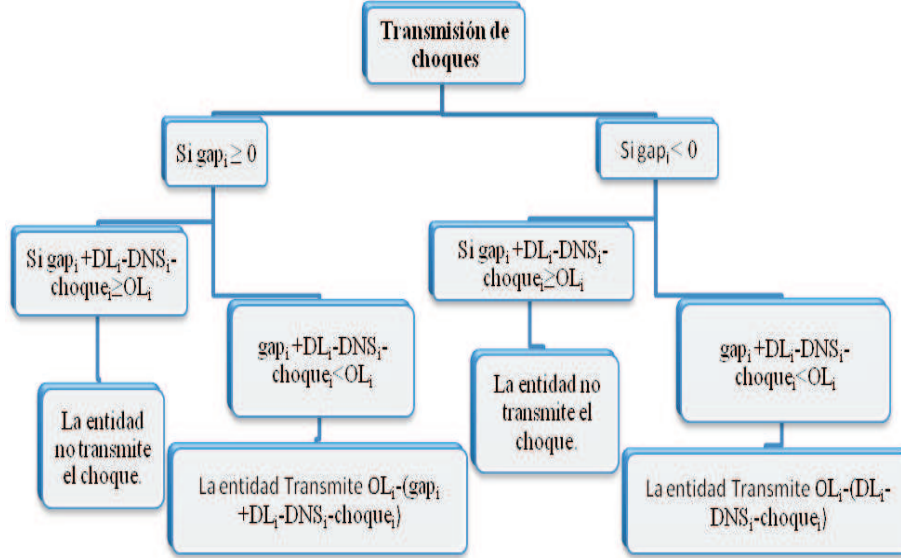
$$choque_i = sck_i * (cc_i + ah_i) \quad \forall i \in N \quad (5.5)$$

Donde,

- cc_i Depósitos de cuenta corriente del banco i .
- ah_i Depósitos de ahorro del banco i .
- sck_i Tamaño del choque inicial en depósitos de ahorro y cuenta corriente que enfrenta el banco i . $sck_i \geq 0 \quad \forall i \in N$.

⁴Si existe una disyuntiva entre los objetivos de política monetaria, y los objetivos de estabilidad financiera; el riesgo de contagio no sería mitigado.

Figura 9: Diagrama de transmisión de choques.



El mecanismo de transmisión de los choques funciona de la siguiente manera: si una entidad no cuenta con suficientes activos líquidos para absorber el choque inicial y continuar ofreciendo la liquidez que ofrecería en ausencia de choques inesperados, dejará de ofrecer una parte o toda la liquidez. Esto podrá afectar a las entidades que habrían recibido liquidez por parte de dicha entidad en ausencia de choques, ya que disminuirá el monto de sus activos líquidos.

Es decir, sea DNS_i la demanda de liquidez no satisfecha de la entidad i a causa de los choques producidos, $DNS_i = \sum_i^N ons_{ji}$, donde ons_{ji} es la oferta de liquidez de la entidad j que deja de ser ofrecida a la entidad i , y N es la totalidad de bancos del sistema.

Dado esto, cada entidad enfrentara la siguiente restricción de liquidez:

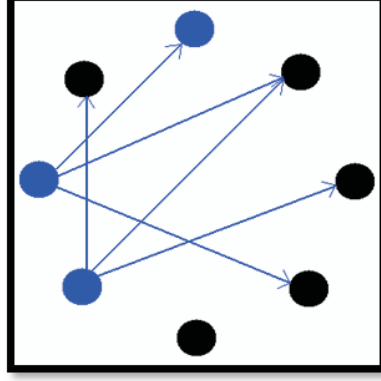
$$Liquidez_i = gap_i + DL_i - DNS_i - OS_i - choque_i \quad (5.6)$$

Donde OS_i representa la oferta de liquidez de la entidad i después de absorber tanto los choques de liquidez iniciales como la disminución en la demanda satisfecha de liquidez DNS_i .

En la figura (9) 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, dado que la reacción de cada entidad depende de la reacción que tengan las demás entidades, frente a su oferta de liquidez; el modelo será particionado

Figura 10: **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.



en etapas de contagio, tal como el modelo presentado por 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. Ver figura (10).

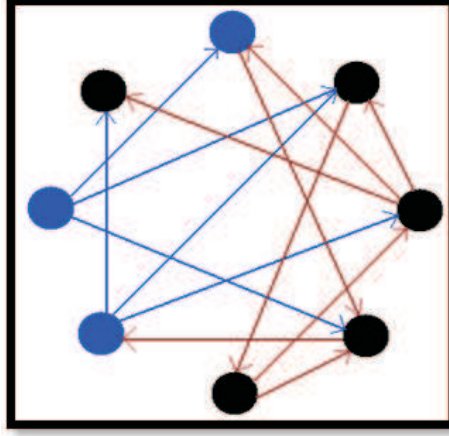
Sea ONS_i^1 , la oferta de liquidez que deja de ser ofrecida por la entidad i en la primera etapa. El valor de ONS_i^1 variara dependiendo del choque inicial y de la liquidez inicial de la entidad i ; tal como se presenta a continuación:

$$ONS_i^1 = \begin{cases} OL_i & \text{si } (gap_i + DL_i - choque_i) < 0 \\ OL_i - (gap_i + DL_i - choque_i) & \text{si } (gap_i + DL_i - choque_i) < OL_i \\ & \text{y } gap_i > 0 \\ OL_i - (DL_i - choque_i) & \text{si } (gap_i + DL_i - choque_i) < OL_i \\ & \text{y } gap_i < 0 \\ 0 & \text{si } (gap_i + DL_i - choque_i) \geq OL_i \end{cases}$$

Este monto, que también puede entenderse como el monto del choque que no puede ser cubierto por los activos líquidos, 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:

$$ONS_i^1 = \sum_j^N ons_{ij}^1 \quad \forall i \in N \quad \text{donde } ons_{ij}^1 \leq O_{ij} \quad (5.7)$$

Figura 11: **Segunda Etapa de Contagio:** Los arcos rojos representan el contagio transmitido por las entidades contagiadas en la segunda etapa.



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 al 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 cuya demanda de liquidez ha dejado de ser cubierta en la primera etapa, debe disminuir su oferta de liquidez. 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. Ver figura (11).

Vale la pena resaltar que en cada etapa del modelo, únicamente podrán transmitir el choque aquellas entidades que tengan una oferta de liquidez positiva, pues es por medio de las ofertas y demandas de liquidez que las entidades se contagian unas a otras.

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

$$DS_i^1 = DL_i - DNS_i^1 \quad \forall i \in N \quad (5.8)$$

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

$$OS_i^1 = OL_i - ONS_i^1 \quad \forall i \in N \quad (5.9)$$

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

$$OS_{ij}^1 = O_{ij} - ons_{ij}^1 \quad \forall i, j \in N \quad (5.10)$$

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

$$ONS_i^2 = \begin{cases} OS_i^1 & \text{si } (gap_i + DS_i^1 - choque_i) < 0 \\ OS_i^1 - (gap_i + DS_i^1 - choque_i) & \text{si } (gap_i + DS_i^1 - choque_i) < OS_i^1 \\ & \text{y } gap_i > 0 \\ OS_i^1 - (DS_i^1 - choque_i) & \text{si } (gap_i + DS_i^1 - choque_i) < OS_i^1 \\ & \text{y } gap_i < 0 \\ 0 & \text{si } (gap_i + DS_i^1 - choque_i) \geq OS_i^1 \end{cases}$$

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 . Es decir,

$$ONS_i^2 = \sum_j^N ons_{ij}^2 \quad \forall i \in N \quad (5.11)$$

donde,

$$ons_{ij}^2 \leq O_{ij}^1 \quad \forall i, j \in N \quad (5.12)$$

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 periodo 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:

$$DS_i^{k-1} = DS_i^{k-2} - DNS_i^{k-1} \quad \forall i \in N \quad (5.13)$$

$$OS_i^{k-1} = OS_i^{k-2} - ONS_i^{k-1} \quad \forall i \in N \quad (5.14)$$

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

$$O_{ij}^{k-1} = O_{ij}^{k-2} - ons_{ij}^{k-1} \quad (5.15)$$

Si para la etapa k de contagio aun 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

$$ONS_i^k = \sum_j^N ons_{ij}^k \quad \forall i \in N \quad (5.16)$$

donde

$$ons_{ij}^k \leq O_{ij}^{k-1} \quad \forall i \in N, j \in N \quad (5.17)$$

El final del proceso de contagio esta 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.

Vale la pena mencionar, que en cada etapa de contagio la distribución aleatoria de las reducciones de oferta de liquidez de cada entidad se hace 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:

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

Donde $cost_{ij}$ hace referencia al costo (generado de forma aleatoria), de reducir la oferta de liquidez de la entidad i a la entidad j .

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; y el número de entidades transmisoras, es decir, el número de entidades que se ven obligadas a reducir su oferta de liquidez.

5.2. Resultados

Para evaluar cómo reacciona el sistema financiero ante un escenario de estrés, se simula el modelo presentado en la sección anterior bajo 3 escenarios: el primero toma como choques iniciales, 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 periodo comprendido entre Enero de 2005 y Octubre de 2007. Las estadísticas reportadas son calculadas a partir de la media de un total de 1000 simulaciones para cada día. 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. A continuación se presenta la figura (12) que muestra el promedio móvil de 8 semanas de esta variable para cada escenario. Como se puede apreciar en los últimos dos años, el número de entidades contagiadas ha incrementado, pasando de niveles cercanos a 2 entidades a principios del 2005, a niveles cercanos a 7 entidades para Octubre del 2007.

Así mismo, el número de entidades que disminuyen su oferta de liquidez, bien sea porque no alcanzan a absorber los choques iniciales o 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 periodo de análisis. 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 proporcionalmente consistentes; es decir, es de esperar que choques más grandes traigan consigo una mayor cantidad de entidades perjudicadas, lo cual concuerda con los resultados del modelo.

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 la figura (14), 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.

Figura 12: Número de entidades cuya demanda de liquidez no fue completamente satisfecha. Promedio móvil de 8 semanas.

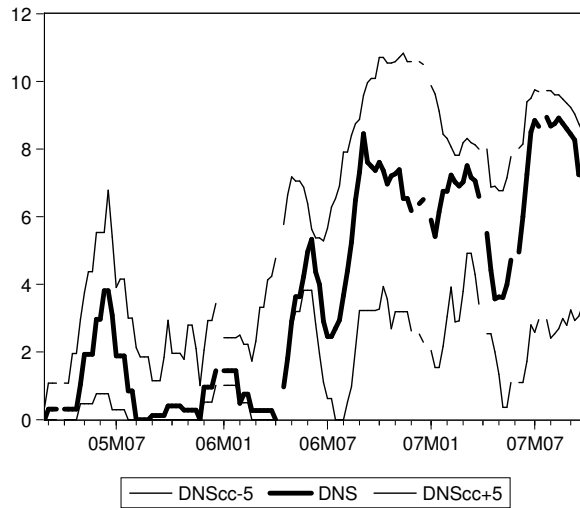


Figura 13: Número de entidades que ofrecen menos liquidez de la que ofrecían en ausencia de choques. Promedio móvil de 8 semanas.

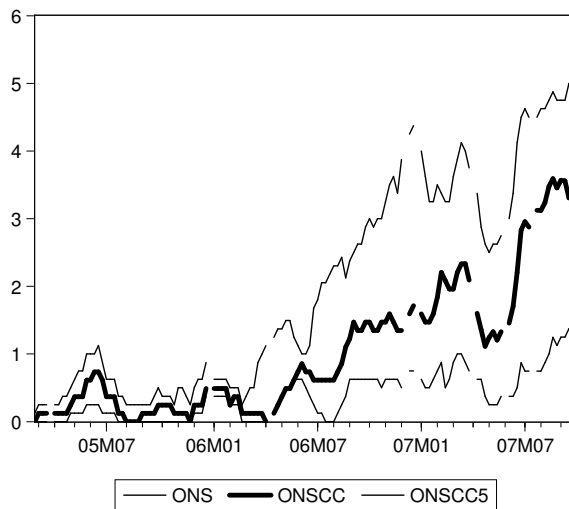
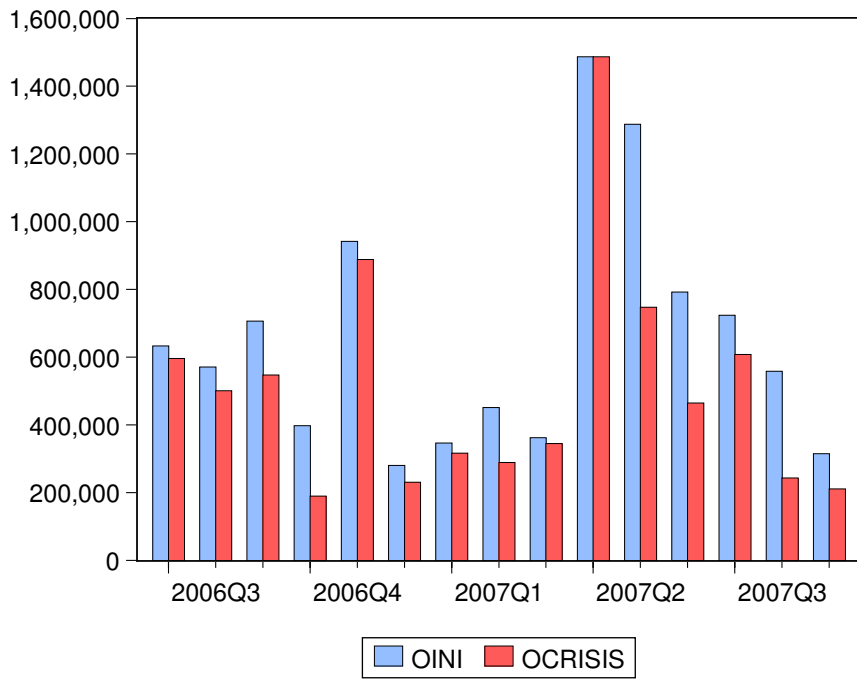
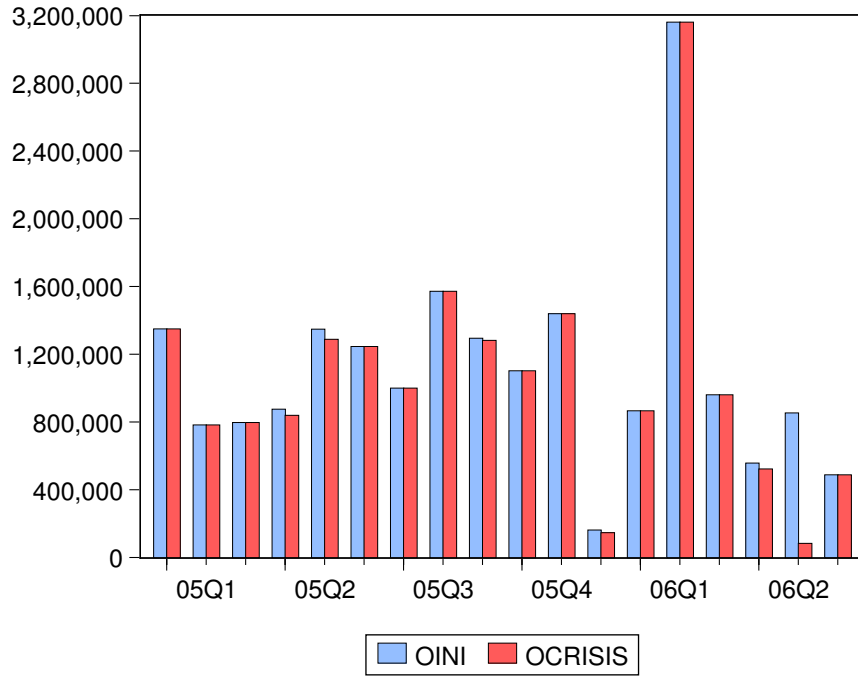


Figura 14: . Oferta Original vs. Oferta Estresada.



6. Conclusiones

A un nivel 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. A un nivel 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 un banco o un país se pueden expandir a otros bancos u 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 juega 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 (2003) 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 enfatizar 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 la capacidad de las instituciones para responder por 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 periodo comprendido entre enero de 2005 y octubre de 2007, se encuentra que el riesgo de contagio estuvo en niveles muy bajos durante el 2005, sin embargo tuvo un comportamiento creciente durante el 2006 y el 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.

Referencias

- Allen, F., Gale, D., (2000). Financial Contagion. *Journal of Political Economy*: 108, 1-33.
- Banco de México (2007). Riesgo Sistémico: Un Modelo de Redes para Estimar la Distribución de Pérdidas para el Sistema Financiero. Mimeo
- Banco de la República (2006). Reporte de Estabilidad Financiera, Septiembre 2006.
- Boss, M., Elsinger, H., Summer, M. y Thurner, S. (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, 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, H., Pazarbasioglu. (2004). Cómo Evitar la Crisis Bancarias en América Latina. Fondo Monetario Internacional. *Finanzas & Desarrollo*. 30-32 .
- Chacón, S., Banda, H. (2005). La crisis financiera mexicana de 1994: una visión política económica. Foro internacional, ISSN 0185-013X: 181, 445-465.
- Cifuentes, R., Ferrucci, G., y H. Shin. (2005). Liquidity Risk and Contagion. *Bank of England Working Paper Series* 264, 2005.
- Degryse H., Nguyen G. (2004). Interbank Exposures: an Empirical Examination of Systemic Risk in Belgium Banking System. *Center Discussion Paper* No 2004-04.
- . Division of Banking Supervision and Regulation(1994). Commercial Bank Examination. *Board of governors of the Federal Reserve*. Mimeo
- Estrada, D. y Osorio, D. (2007). Un Enfoque de Riesgo de Mercado para el Análisis del Riesgo de Liquidez. *Reporte de Estabilidad Financiera*, Banco de la República, Marzo.
- Ergungor, O., y Thomson, J. (2005). Systemic Banking Crises. *Federal Reserve Bank of Cleveland*. Policy Discussion Paper. No. 90.
- Freixas, X., Parigi, B. y Rochet, J. Systemic Risk, Interbank Relations, and Liquidity Provision by the Central Bank. *Journal of Money, Credit and Banking*. Vol 32, No. part 3.

- Furfine, C. (1999). Interbank Exposures: Quantifying the Risk of Contagion. *BIS Working Papers* 70.
- González, J., Osorio, D. (2006). Una Propuesta para la Medición, Monitoreo y Regulación del Riesgo de Liquidez en Colombia. Banco de la República. *Reporte de Estabilidad Financiera*, Banco de la República. Septiembre.
- Lelyveld, I., Liedorp, F. (2006). Interbank Contagion in the Dutch Banking Sector: A Sensitivity Analysis. *International Journal of Central Banking*. 2,2, 99-133.
- Lublóy, Á. (2004). Domino Effect in the Hungarian Interbank Market. *Hungarian National Bank Working Papers*.
- Nier, E., Yang, Y., Yorulmazer, T., y Alentor, A. (2007). Network Models and Financial Stability. *Bank of England Working Papers*.
- Upper, C. y Worms, A. (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 2002.

Anexo

Las redes de las figuras 15, 16 y 17 representan la red del sistema bancario para cada periodo de tiempo especificado. Cada nodo corresponde a una entidad y cada arco a una o más transacciones financieras entre dos entidades. Los histogramas de In-Arcs y Out-Arcs representan la frecuencia de los arcos de demanda de liquidez y la frecuencia de los arcos de oferta de liquidez respectivamente. El histograma de Total-Arcs representa la frecuencia de los arcos incidentes; es decir, la frecuencia del total de conexiones de los nodos, bien sea de oferta o de demanda de liquidez (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.

Figura 15: Junio 24 de 2005

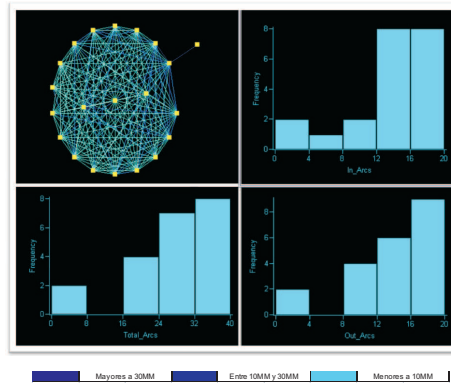


Figura 16: Junio 30 de 2006

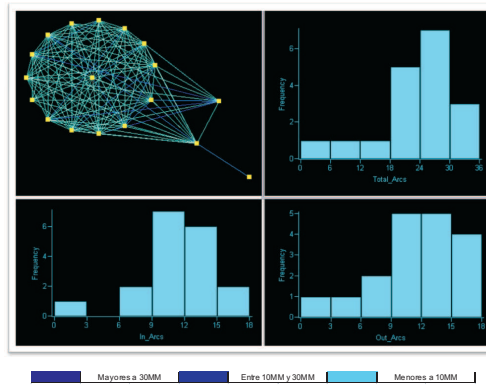


Figura 17: Junio 29 de 2007

