

De lo micro a lo macro prudencial: Un análisis de la supervisión bancaria desde la econometría espacial

Juan Sebastián Ordoñez Herrera

Universidad del Rosario

Tesis de Maestría en Economía

Director: Carlos Castro

22 de mayo de 2014

Resumen

La crisis que se desató en el mercado hipotecario en Estados Unidos en 2008 y que logró propagarse a lo largo de todo sistema financiero, dejó en evidencia el nivel de interconexión que actualmente existe entre las entidades del sector y sus relaciones con el sector productivo, dejando en evidencia la necesidad de identificar y caracterizar el riesgo sistémico inherente al sistema, para que de esta forma las entidades reguladoras busquen una estabilidad tanto individual, como del sistema en general. El presente documento muestra, a través de un modelo que combina el poder informativo de las redes y su adecuación a un modelo espacial auto regresivo (tipo panel), la importancia de incorporar al enfoque micro-prudencial (propuesto en Basilea II), una variable que capture el efecto de estar conectado con otras entidades, realizando así un análisis macro-prudencial (propuesto en Basilea III).

Palabras clave: Econometría Espacial, Externalidad de Red, Micro-Prudencial, Macro-Prudencial, Riesgo Sistémico.

JEL: C01, G21

1. Introducción

Las crisis financieras que se han presentado a lo largo de la historia han tenido su origen en economías con diferentes niveles de desarrollo. En la medida en que los mercados financieros se han integrado (últimas décadas del siglo XX), la probabilidad de contagio entre las economías ha ido creciendo.

Esto se hizo evidente cuando la crisis asiática de la década del noventa tuvo un gran impacto sobre economías que supuestamente pertenecían a ámbitos separados, por ejemplo, Latinoamérica; en este caso, la crisis de oriente repercutió, por diferentes canales, sobre una economía como la mexicana. Estas crisis, catalogadas como las primeras dentro de "la era de la globalización", dejan en evidencia la interconexión entre diferentes economías y la vulnerabilidad de los sistemas financieros de las economías emergentes ante choques externos.

Este fenómeno dejó en evidencia las complejas interconexiones dentro del sistema financiero y, en particular, cómo los problemas en una parte del sistema podían fácilmente contagiar a las demás partes, independientemente de que tan lejanas aparentemente estaban.

Desde entonces se apreció que una crisis financiera que se presente en cualquier lugar del mundo puede tener efectos devastadores en las economías de países en desarrollo, y que el costo de resolverlas, cuando son de origen bancario, puede ser enorme, ya que, como lo señalan Ergungor y Thomson (2006), el costo de recapitalizar los bancos y estabilizar los sistemas es muy alto.

Sin embargo, pese a la magnitud del desastre inicial, no se asumió una posición regulatoria adecuada. Solo cuando se presenta la reciente crisis financiera (2007, 2008) se empiezan a hacer esfuerzos por identificar los modos en que se propagan los choques, ya que este evento tuvo la particularidad que si bien su origen fue en el mercado hipotecario de EEUU, se logró contagiar diferentes sectores, y el impacto se propagó rápidamente a otros países desarrollados, e incluso a países que no tenían relaciones tan fuertes con Estados Unidos.

Si bien en los últimos años ha habido un importante esfuerzo por la estandarización de la regulación financiera (Basilea I) y por implementar técnicas para que las entidades financieras sean más conscientes del riesgo de sus respectivos portafolios (Basilea II), poco se avanzó en la caracterización y estudio del riesgo sistémico.¹

Brunnermeier et al. (2011) argumentan que ahora nos enfrentamos a una tarea similar a la que enfrentaron los hacedores de política (policymakers) después de

¹Según Castro et al. (2010) el riesgo sistémico hace referencia a la eventualidad en que la quiebra de una entidad financiera o la interrupción de un servicio en el mercado financiero tengan un efecto sobre el desempeño de las demás entidades del sector.

la Gran Depresión (1929), cuando se hizo imperativo contar con un conjunto de herramientas que lograran cuantificar la actividad económica de una nación. En esa oportunidad, la necesidad dio lugar a lo que actualmente conocemos como el sistema de cuentas nacionales que utilizan las dependencias estadísticas nacionales para hacer un seguimiento a la actividad económica.

Estos autores resaltan el hecho de que durante la crisis financiera reciente las autoridades se encontraron sin información relevante acerca de la topología de riesgo y sus vínculos con el sector real, para identificar la mejor forma de conjurar la crisis. Al respecto, se ha establecido que el impacto del riesgo sistémico en buena parte depende del comportamiento colectivo de las entidades financieras, sus interconexiones y la interconexión que exista entre el sector financiero y el resto de la economía. Según esto, las autoridades encargadas de la regulación o del monitoreo del sistema financiero deben realizar seguimientos a cada una de las entidades con el fin de establecer su importancia sistémica y la fragilidad sistémica que posee cada una, con el fin de generar una estabilidad del sistema en general.

Según el FMI (2009), Thomson (2010), Huang et al. (2009) y Castro et al. (2010), la importancia sistémica de una entidad está determinada por el potencial de tener un gran impacto negativo en el sistema financiero y la economía real; mientras, la fragilidad sistémica se define como el impacto sobre una institución financiera, condicionado por un choque en el sistema ². De esta forma, la estabilidad de orden sistémico se debe considerar como un bien público. Este reconocimiento motiva de una buena manera el enfoque macro-prudencial, y con ello los cambios en regulación y supervisión que se presentan en Basilea III.

Desde la perspectiva macro-prudencial, se debe hacer evidente, mediante la regulación y la supervisión, las externalidades que las entidades financieras individuales pueden generar sobre las demás y el sistema. Esto será un paso importante para evitar futuras crisis.³

²Según Castro et al. (2010), se podría argumentar que la fragilidad sistémica es lo contrario de la importancia sistémica.

³El concepto de externalidad de red que se utiliza en este documento se basa en la definición tradicional de externalidades, las cuales se definen según Helbling (2010) como: decisiones de consumo, producción e inversión que toman los individuos, los hogares y las empresas y que afectan a terceros que no participan directamente en esas transacciones. En este documento las externalidades se generan a través de la red, donde la quiebra de una entidad genera efectos sobre todo el sistema en general, causando así impacto sobre entidades que incluso no tengan relación alguna con dicha entidad. A diferencia del presente documento, el concepto de “externalidad de red” es utilizado en la literatura de las telecomunicaciones (Doganoglu y Grzybowski, 2005; Corrocher y Zirulia, 2009; Sobolewski y Czajkowski, 2011; Fu, 2004; Kim y Kwon, 2003; Hoernig, 2008) para caracterizar el fenómeno de entrada de los usuarios a redes particulares. Corrocher y Zirulia (2009) diferencian dos tipos de externalidad en el uso de un software: la directa, que es el hecho de implementar el uso porque otro integrante del grupo familiar, amigos etc. lo usan; y la indirecta, donde la utilización del mismo se incrementa debido a que la utilización de otro producto lo requiere; por

El objetivo del documento es proponer una nueva metodología para caracterizar la fragilidad de las entidades financieras utilizando información de redes financieras y econometría espacial, que permita incorporar el análisis micro y macro-prudencial que se propone en Basilea III. Esta metodología se utiliza para determinar la importancia de las interconexiones entre las entidades en el contexto del sistema financiero colombiano.

El modelo espacial autoregresivo incorpora el enfoque macro prudencial a la regresión tradicional (micro prudencial (Basilea II)), mediante una matriz de vecindades capturada por datos de red; la interacción de esta con la variable dependiente nos muestra cómo la salud de las entidades con las que existen conexiones afectan la salud propia de cada institución. El parámetro espacial (ρ) muestra el grado de importancia que tiene la salud de las conexiones sobre la salud individual. De esta forma, al encontrar significancia espacial se corrobora la existencia de riesgo sistémico y la relevancia de la inclusión del análisis macro-prudencial (Basilea III), dentro del análisis ya propuesto en BASILEA II.

En el presente documento se realiza la aplicación de dicha metodología teniendo en cuenta 31 establecimientos de crédito pertenecientes al sistema financiero colombiano, para el 2009 (año posterior a la crisis estadounidense del 2008, y año de gran volumen de transacciones registradas en el sistema de pagos de alto valor del banco central ⁴). El modelo explica que los cambios en la salud de cada entidad -medida a través del modelo CAMEL utilizado por FOGAFIN-, pueden deberse a cambios en las características individuales de cada establecimiento y a cambios en la salud de las entidades con las cuales se encuentre conectado; la medida de la relación entre las entidades se obtiene con la matriz adjunta de la red que conforman los establecimientos de crédito.

A diferencia de ejercicios realizados anteriormente, que en su mayoría utilizan herramientas matemáticas para caracterizar el riesgo sistémico desde la teoría de grafos mediante simulaciones, este documento establece la bondad de la caracterización del riesgo sistémico a través de la información derivada de las redes, mediante la construcción de una matriz adjunta. La incorporación de esta información a un modelo empírico permite cuantificar la significancia de las interrelaciones entre entidades dentro del sistema.

En este caso es posible calcular una matriz que muestre si hay o no conexión

ejemplo la utilización de un software incrementa debido a que el funcionamiento de un hardware lo requiere. Al igual que en el presente documento, la literatura de telecomunicación deja en evidencia la necesidad de generar políticas que permitan regular adecuadamente dichas externalidades.

⁴En el caso colombiano, en el sistema de pagos de alto valor se registran todos los pagos en pesos que se realizan entre todas las entidades financieras.

entre las entidades, y otra que permita discriminar el peso de las conexiones de una entidad con otras entidades, dependiendo del grado de proximidad. Al igual que en la teoría de grafos, las medidas ponderadas mejoran el análisis del riesgo sistémico.

Para la red disponible en este trabajo se evidencia que la salud de las entidades con las que se tiene conexión afecta la salud de cada entidad al tener en cuenta la matriz binaria y la matriz ponderada. Adicional a esto, dadas las características del sistema financiero colombiano, donde se encuentran entidades que integran un mismo grupo financiero, es posible establecer que el efecto disminuye pero es significativo al tener en cuenta la pertenencia de las entidades a un mismo grupo.

El documento se divide en seis secciones: la presente introducción; la sección 2, donde se hace una revisión de la literatura; la sección 3, en la que se plantea el modelo econométrico; la sección 4, que muestra los datos de la aplicación empírica, y las secciones 5 y 6 que muestran resultados y conclusiones respectivamente.

2. Literatura

2.1. Técnicas de red

La modelación y cuantificación del riesgo sistémico, que se deriva de la posibilidad de propagación de un impacto, exige principalmente la construcción de una topografía de riesgo adecuada. Dentro de todos los enfoques considerados actualmente, quizás los métodos que mejor logran incorporar el efecto de contagio entre unidades son los que utilizan elementos metodológicos de la teoría de redes y grafos. Esta herramienta matemática provee un conjunto de definiciones, herramientas y técnicas que han sido ampliamente aplicadas para analizar redes (Newman, 2010). La metodología más aplicada dentro de la literatura de redes financieras se centra en el uso de datos sobre las exposiciones de las contrapartes financieras, con el fin de establecer vínculos y finalmente caracterizar la red; en algunos casos, mediante simulaciones, se analiza la solidez de dichos sistemas (Anand et al., 2009; Boss et al., 2003; Castren y Kavonius, 2009; Cajueiro y Tabak, 2007; Degryse y Nguyen, 2007; Chan-Lau et al., 2010^a; Espinosa-Vega et al., 2010; ECB, 2010). La mayoría de estas aplicaciones utilizan funciones de reacción simples basadas en las identidades del balance de entidades financieras que interactúan entre sí, tal como se observa en el mapa de red; a través de una serie de simulaciones, se generan diferentes tipos de indicadores de estabilidad financiera.

En Colombia, el Banco de la Republica ha empleado técnicas similares (véanse Estrada y Morales, 2008; Machado et al., 2010; León et al., 2011), centrándose principalmente en la liquidez del mercado interbancario y la topología del sistema

de pagos de alto valor. En este caso se incorporan datos que reflejan las conexiones directas entre entidades. A diferencia de este abordaje, el trabajo de Castro y Ordoñez (2012) proyectan la existencia de un canal de contagio que podría dar lugar a la quiebra del sistema a partir no solo de una relación directa entre entidades sino también de una exposición común a una condición que las afecta a todas. La exposición común hace referencia a las conexiones que tienen las entidades con el sector real de la economía. Mediante la utilización de un conjunto de funciones de reacción, junto con un mapa de interconexiones entre las entidades financieras -calculado con base en sus balances-, se caracteriza el riesgo sistémico. En ese estudio, los autores encuentran que los bancos comerciales son las entidades sistémicamente más importantes mientras que las instituciones oficiales son las más vulnerables.

2.2. Aplicaciones empíricas para el análisis de redes financieras

A pesar del gran avance para el análisis de redes mediante la utilización de herramientas y técnicas provenientes de la teoría de grafos dentro de la literatura de redes financieras, hay relativamente pocas aplicaciones que utilizan los datos que resultan de la red usando técnicas econométricas (véase Signori y Gencay, 2012, Keiler y Eder, 2013, Martínez y León, 2014). Sin embargo, dentro de la literatura de econometría espacial se ha establecido una conexión entre los modelos de interacción social y los modelos autoregresivos espaciales (SAR), unos ejemplos son Lee (2004), y (2007). Uno de los problemas es el de identificación planteado por Manski (1993), quien muestra que no es posible identificar entre el efecto de contagio y los efectos contextuales. Bramoullé et al. (2009) han establecido que los datos de red, debido a la estructura y el orden de las interacciones, ayudan a la identificación de los efectos de grupo. Para que esto ocurra se requiere que: 1. la matriz adjunta que representa la red sea invertible. 2. No exista conexión de un nodo consigo mismo ("self-loops").

En el ámbito de redes financieras y su análisis a través de métodos de econometría espacial encontramos una literatura emergente en la cual se puede enmarcar el presente trabajo y su aplicación al sector financiero colombiano. Signori y Gencay (2012) proponen y estiman un modelo de red autoregresivo con promedio móvil (NARMA), que combina las herramientas de las series de tiempo y la econometría espacial para dar cuenta explícitamente de la red proveedor-firma entre las empresas. Su planteamiento consiste en caracterizar la relación entre firmas como un proceso autorregresivo, mientras que la relación de una entidad con el entorno -que incluye su relación con los proveedores- se caracteriza en términos de un proceso de media móvil. A diferencia del presente documento, sus resultados indican que el efecto de

red directo entre firmas no es significativo, mientras los efectos de red, medidos como la influencia de sus principales clientes, sí lo son; lo que indica que no hallan evidencias de canales de contagio directo, pero sí indirecto.

Por su parte, Keiler y Eder (2013), mediante la formulación de un modelo espacial autoregresivo (SAR), logran descomponer los movimientos del mercado de "swaps de incumplimiento crediticio" (CDS, por su sigla en inglés) para 15 entidades bancarias alemanas; su metodología descompone los diferenciales de los CDS en componentes sistémicos, sistemáticos e idiosincráticos. Los autores encuentran que el componente sistémico, que se refiere a las relaciones entre entidades, tiene un efecto significativo sobre el comportamiento del diferencial de los CDS. El componente sistémico se captura a través de una matriz de contigüidad construida a partir de correlaciones entre las acciones de las entidades. A diferencia de lo que se hace en el presente artículo, Keiler y Eder (2013) no utilizan una matriz de relaciones directas entre las entidades, sino que miden las correlaciones entre las acciones, las cuales podrían mostrar co-movimientos por choques comunes que afectan el retorno de las acciones, y no porque exista una relación directa entre los retornos de las mismas.

En Colombia recientemente Martínez y León (2014), relacionan el costo de la deuda con colateral con variables tradicionales (tamaño, apalancamiento, etc) y la interacción entre las diferentes entidades. Los autores construyen dos modelos: 1. Un modelo SAR; 2. Un modelo Durbin. El primero encuentra una significancia espacial directa entre las variables dependientes, mientras que el segundo, modelo que los autores advierten que se adapta mejor al sistema financiero en Colombia, deja en evidencia que no solo existe una dependencia directa, sino que también se presenta una dependencia a través de las variables independientes. A diferencia del presente documento, la variable explicativa, -la cual es construida a partir del diferencial entre la tasa de intervención del Banco de la República y la tasa pactada de las operaciones simultáneas sobre TES- no tiene en cuenta percepciones de mercado, ya que está construida a partir de datos de balance. Adicional a esto, el presente ejercicio, debido a la estructura de panel, captura a través de efectos fijos heterogeneidad no observada entre las entidades, y dinámicas temporales.

3. Modelo Econométrico

La estimación de la dependencia entre unidades ha captado recientemente la atención de la literatura. El problema ha sido abordado desde diferentes enfoques. Por ejemplo, Peasaran (2006) propone una metodología de estimación que incorpora el efecto de una estructura de error que genera correlación entre las unidades o

individuos. Por otra parte, la literatura de la econometría espacial reseñada en Anselin (2001) busca identificar las externalidades generadas por la interacción entre unidades. En el presente artículo se busca identificar el efecto de externalidad de red directo entre las entidades, por lo que se aplicará la segunda metodología.

La econometría espacial utiliza técnicas econométricas que incorporan dentro de su análisis las interacciones entre unidades económicas, ya sean geográficas o estar determinadas por algún tipo de relación económica. La especificación del modelo se ocupa de la expresión matemática que captura la dependencia y la heterogeneidad espacial a través de la inclusión de variables espacialmente rezagadas (promedios ponderados de los vecinos); estas relaciones se caracterizan mediante una matriz de pesos espaciales o una matriz binaria. La dependencia espacial puede presentarse a través de:

1. la variable dependiente
2. las variables explicativas
3. el termino de error

Los modelos pueden presentar una de las tres o cualquier combinación entre ellas. Dentro de estas especificaciones, la que más atención ha recibido en la literatura es la propuesta por Cliff and Ord (1973). Este modelo, que caracteriza la dependencia espacial a través de la variable dependiente, se conoce como un modelo espacial autoregresivo (SAR).

Inicialmente se realizaron ejercicios para un único momento en el tiempo. Posteriormente se desarrollaron técnicas que incluían la dimensión temporal dentro de los modelos, que se conocen en la literatura como paneles espaciales, los cuales permiten capturar la dinámica y controlar la heterogeneidad no observada (ver Anselin, 1988; Baltagi et al., 2003 y 2007; Elhorst, 2003; Kapoor et al., 2007, y Yu et al., 2008). Un panel espacial auto regresivo de orden 1 se formaliza con la siguiente ecuación:

$$Y_{it} = \alpha + \rho W_1 Y_{it} + \gamma X_{it} + \epsilon_i$$

5

donde

$$\epsilon_i \sim (0, \sigma^2 I_n)$$

Donde Y_{it} es un vector de $n \times 1$ de la variable dependiente, X_{it} es una matriz de

⁵El modelo SAR que muestra que existe dependencia espacial a través de la variable dependiente comúnmente es combinado con: 1. una dependencia espacial a través de los errores, este modelo se conoce como el modelo SARMA y la especificación del error es $\epsilon_i = \lambda W_2 \xi_i + \xi_i$ o con una dependencia espacial tanto a través de la variable dependiente como del conjunto de variables independientes, la especificación de ese modelo es: $Y_{it} = \alpha + \rho W_1 Y_{it} + \gamma W_1 X_{it} + \epsilon_i$, este modelo se conoce como el modelo Durbin.

$n \times k$ de variables explicativas. W_1 es una matriz espacial de $n \times n$, la cual usualmente contiene relaciones de contigüidad de primer orden o funciones de distancia con ponderaciones espaciales.

En el contexto de los modelos de redes financieras y desde una perspectiva de supervisión macro y micro prudencial, la variable a explicar por parte del modelo es la "salud" de una entidad financiera; más adelante se explica en detalle diferentes formas de cuantificar esa noción de "salud". Los determinantes de esta variable van a estar enmarcados en dos conjuntos de elementos:

Los elementos del primer conjunto, asociados a los principios resaltados en Basilea II, son la relevancia de las variables propias de la entidad financiera (X_{it}), así como las variables de estado (variables macroeconómicas principalmente, Z_{it}) como determinantes de la fragilidad de cada una de las entidades del sistema financiero.

El elemento del segundo conjunto, asociado a los principios de Basilea III, resalta la importancia de la fragilidad financiera de las entidades vecinas (WY_{it}); en otras palabras, aquellas que tienen algún tipo de relación de contraparte con la entidad en cuestión, como determinantes de la fragilidad de cada una de las entidades del sistema financiero.

$$Y_{it} = \underbrace{\alpha + \beta X_{it} + \gamma Z_{it}}_{\text{Basilea II}} + \underbrace{\rho W_1 Y_{it}}_{\text{Basilea III}} + \epsilon_i \quad (1)$$

3.1. Estimación

Una vez que los efectos espaciales se incorporan formalmente en la especificación de la regresión, corrigiendo el problema de variable omitida, se revisan los métodos de estimación apropiados para corregir el problema de la simultaneidad que se deriva de la dependencia espacial. Los dos procesos de estimación dominantes en econometría espacial son el de máxima verosimilitud (ML) (Ord, 1975) y el de método general de momentos (Anselin, 1980; Kelejian y Prucha, 1998 y 1999).

El primero consiste en estimar ρ , β , γ , α dentro de un modelo que especifica la probabilidad conjunta de Y_{it} , para reflejar la interdependencia espacial (Ord, 1975). Según Kelejian y Prucha (1999), una dificultad práctica con el método de ML en los modelos SAR es que la estimación de ρ implica una complejidad significativa del cómputo, sobre todo si los pesos espaciales no son simétricos, como es el caso de la matriz adjunta del sector financiero colombiano.

La segunda estrategia de estimación, computacionalmente más eficiente, consiste en utilizar un método de mínimos cuadrados por dos etapas utilizando diferentes

instrumentos; en este caso, según Kelejian et al. (1999, 2007,2010), los estimadores son asintóticamente eficientes, siempre que los instrumentos que se utilicen no tengan ninguna correlación con la variable dependiente.

La primera etapa y segunda etapa se representan en las ecuaciones (2) y (3) respectivamente. En la ecuación (1) se estima la salud promedio de mis vecinos a partir de un conjunto de variables $[j_{it}]$, donde $j_{it} = [\theta_1 x_{it}, \theta_2 W_1 x_{it}, \theta_3 W_1 z_{it}]$. Como lo sugiere Kelejian et al. (1999), $[j_{it}]$ está compuesto por variables independientes que solo presentan relación con Y_{it} a través de $W_1 Y_{it}$. Posteriormente, a partir del resultado de la etapa (1), $(\widehat{W_1 Y_{it}})$, se estiman los parámetros de interés $\rho, \beta, \gamma, \alpha$.

$$W_1 Y_{it} = \theta[j_{it}] + u_{it} \quad (2)$$

$$Y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \gamma z_{it} + \rho \widehat{W_1 Y_{it}} + \epsilon_{it} \quad (3)$$

4. Datos

4.1. Matriz de conexiones

Uno de los principales desafíos en la construcción de modelos de redes financieras es el requerimiento de datos. Los datos preferidos para construir estas redes son aquellos que muestran las relaciones de contraparte entre las instituciones financieras; estas se pueden observar dentro del balance, o en muchos casos mapeando el mercado interbancario.

Definición:

Una red (grafo) G consiste en un conjunto no vacío de elementos V llamados vértices, una lista de relaciones que se representa mediante pares no ordenados E llamados vínculos. El conjunto de vértices (nodos) de la red se denomina conjunto de vértices, mientras que la lista de relaciones se llama lista de vínculos.

Un vínculo se identifica mediante un par ordenado de vértices. En otras palabras si i y j son vértices de G , entonces un vínculo de la forma (i,j) muestra la conexión que existe entre i y j .

En las redes financieras el conjunto de nodos es el conjunto de las entidades financieras, mientras que los vínculos representan las relaciones de contraparte que pueden existir del lado del pasivo o el lado del activo dentro del balance.

Los datos de redes financieras proveen una medida de la relación entre las instituciones financieras. Las funciones G (Grafo) pueden tomar diferentes formas, aunque las más comunes son las siguientes

$$G : VXV \rightarrow 0, 1$$

$$G : VXV \rightarrow R$$

En ambos casos la función G se puede interpretar como la matriz adjunta W , donde $G_{(ij)} = w_{ij}$. Esta matriz está normalizada por filas dividiendo cada elemento por la suma de todas sus entradas ($\tilde{w}_{ij} = \sum_{j=1}^V W_{ij}$)

Descripción de la red

Según León y Berndsen (2013), la literatura de redes financieras reconoce dos grandes fuentes para la construcción de las mismas: 1. Transacciones financieras; 2. Exposiciones de Balance. Según los autores la información proveniente de transacciones financieras posee ventajas con relación a la información capturada de exposición de balance. Esto se debe a que la primera es altamente detallada (contiene información como el remitente, el destinatario, la cantidad, el tipo de transacción, los activos subyacentes, etc), adicional a esto debido a la naturaleza de los flujos, ya que las transacciones financieras implican ineludiblemente la entrega de dinero, esta información posee un nivel informativo alto y su disponibilidad por lo general está en tiempo real. Mientras que las exposiciones financieras normalmente surgen de los informes preparados y entregados por cada empresa (por lo general del balance). Este tipo de información suele ser agregada, y la validez depende de las prácticas contables de cada empresa financiera y el grado de exigencia que presenten las entidades reguladoras que estén a cargo.

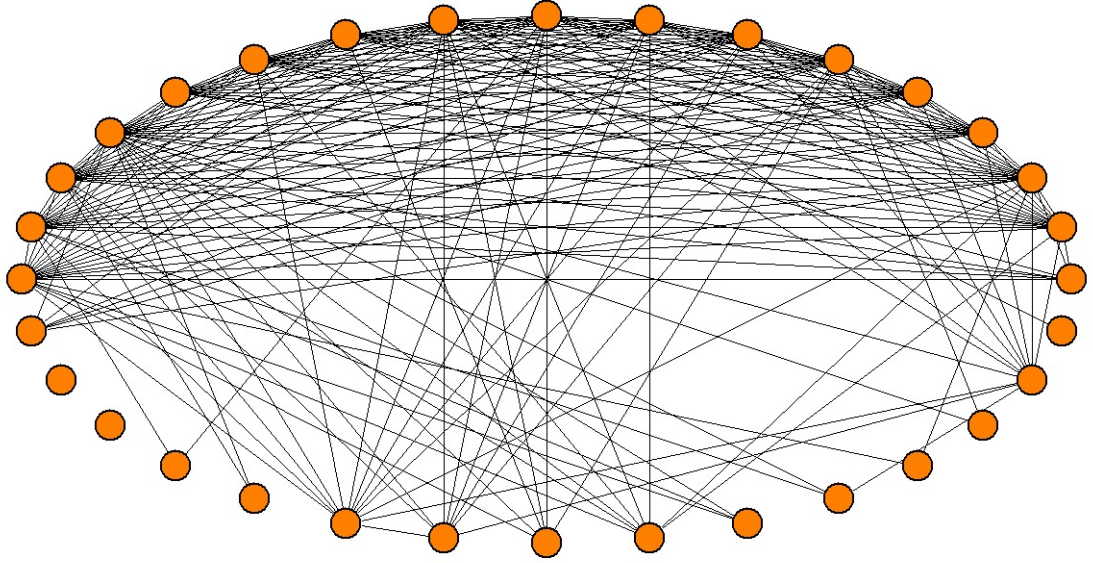


Figura 1: Transacciones de los establecimientos de crédito en el sistema de pagos de alto valor 2009

La matriz W que se utiliza en el presente documento fue construida a partir del valor en pesos de las transacciones ocurridas entre los establecimientos de crédito en el sistema de pagos de alto valor seleccionados para el periodo de análisis (2009) (Ver Figura 1), donde el elemento W_{ij} corresponde con el pago de i hacia j . Cada elemento W_{ij} fue expresado como un porcentaje del valor total de las transacciones del periodo y, de acuerdo con la literatura, cada fila fue estandarizada con el fin de que la sumatoria de cada una fuese la unidad. La matriz W utilizada en las estimaciones hace parte de la información que recoge y analiza el Departamento de Seguimiento a la Infraestructura Financiera, Subgerencia de Sistemas de Pago y Operación Bancaria del Banco de la República de Colombia. Dado el carácter confidencial de la información, el procesamiento y uso de los datos se realizó dentro de las instalaciones del Banco de la República, sin conocerse la identidad de cada institución financiera.

4.2. Variable dependiente “salud”

El riesgo de quiebra (default) es un evento inesperado en el que las firmas no pueden pagar sus obligaciones; debido a que antes de darse un evento de quiebra es imposible distinguir entre firmas, se ha buscado construir indicadores que permitan estimar la probabilidad de quiebra de una entidad. La teoría de riesgo crediticio

reconoce que existen 3 fuentes de información relevante para el cálculo de estas estimaciones (León, 2012): 1. Los estados financieros, 2. los precios de mercado y 3. las expectativas futuras propias de la entidad.

La aproximación comúnmente aceptada, y adaptada para diferentes situaciones es la propuesta en el trabajo de Merton (1974), quien propone una medida de “distancia a la quiebra”, que logra relacionar el valor de mercado de la firma, su nivel de apalancamiento y la volatilidad de los activos. Esta aproximación requiere de datos del estado financiero y datos de mercado, es decir requiere que el mercado financiero sea profundo, y que las entidades financieras coticen en el mercado bursátil. En un país como Colombia, donde menos del 25 % de las entidades cotizan en bolsa es difícil implementarla.

Como se documenta en León (2012), autores como Gorton et al. (1990) y Flannery et al. (1996) han buscado construir el indicador sustituyendo el valor de mercado de la entidad por el valor de los activos que se presenta en los estados financieros; sin embargo, al no tener un valor de mercado requieren de supuestos adicionales, restandole exactitud al indicador, para lograr capturar la volatilidad del valor de mercado de las entidades.

En Colombia, Capera et al. (2011) y Souto et al. (2008) para el mercado uruguayo han construido el indicador de “distancia a la quiebra” para las muestras disponibles; sin embargo, su cálculo no tiene alta representatividad sobre la muestra total ya que pocas entidades cumplen con los requisitos de cotización y datos activos de mercado. León (2012) propuso un método alternativo al cálculo que permite un uso más representativo de la muestra. Dicho método, basado en la paridad “put-call” formulada por Merton, permite estimar la probabilidad de incumplimiento para las entidades financieras colombianas, cabe señalar que la volatilidad de los activos se halla con un método alternativo, el cual se basa en el diferencial entre la tasa de intervención del Banco de la República y la tasa pactada de las operaciones simultáneas sobre TES; sin embargo, como se advierte en el documento, estos datos están restringidos para entidades que vigilan, monitorean o regulan el sector financiero.

En ausencia de estos datos, se pueden utilizar metodologías de “scoring”, como la expuesta por Altman (1968), quien propone una variable (z-score) que es construida a partir de una combinación lineal entre diferentes indicadores financieros que reflejan diferentes aspectos del funcionamiento de cada entidad. La ponderación de cada indicador se obtiene a partir de discriminantes estadísticos, donde se simula un evento de crisis pasada.

En Colombia, diferentes entidades, al igual que Altman, buscan implementar una combinación lineal de diferentes indicadores financieros ponderándolos bajo criterios

individuales, este abordaje se conoce como modelo CAMEL; su construcción incorpora diferentes indicadores, que en conjunto logran otorgar una calificación para cada una de las entidades. Dado que en este estudio el modelo incorpora datos del sector financiero colombiano, se seguirá el modelo CAMEL utilizado por el Fondo de Garantías Financieras (FOGAFIN, 2011).

El modelo CAMEL otorga una calificación a cada entidad con el fin de determinar la devolución o cobro adicional de prima de seguro de depósitos; está construido a partir de cinco indicadores financieros: capital, liquidez, activos, gestión, y liquidez. Cada indicador se construye con la información proporcionada por los establecimientos bancarios, corporaciones financieras y el Fondo Nacional del Ahorro a la Superintendencia Financiera (SFC). La metodología consiste en asignar una calificación de 1 a 5 a cada uno de los indicadores, siendo 1 la peor calificación y 5 la mejor; los niveles que determinan la calificación siguen los intervalos y las ponderaciones propuestos por FOGAFIN (2011) (ver tabla 1). Los indicadores se construyen con base en los estados financieros de cada entidad registrados en el plan único de cuentas (PUC) de 2009, periodo tenido en cuenta debido a su alto volumen de transacciones registrado en el sistema de pagos de alto valor.

4.3. Controles

Cuando se habla de salud financiera, como se establece en BASILEA II, se deben tener en cuenta las características individuales de las entidades y las características del entorno, capturado a través de variables macroeconómicas.

4.3.1. Variables firma-específica

Apalancamiento: Dentro de la literatura que incorpora tanto datos de balance como de mercado se ha encontrado que un mayor apalancamiento implica una mayor probabilidad de quiebra de las firmas (Merton, 1974; Crosbie y Bohn 2003). Siguiendo esta línea se espera que la calificación que reciben las entidades en el CAMEL se vean deterioradas si su apalancamiento aumenta. Tamaño: Según Keiler y Eder (2013) existe evidencia de que las firmas con mayor tamaño tienen una mayor probabilidad de no quebrar cuando hay una crisis; de esta forma, se esperaría que el CAMEL refleje una mejor calificación si la entidad financiera presenta un mayor tamaño. Esta variable se construye con el logaritmo de los activos de cada entidad. Adicional a esto se incorporan variables dicotómicas, que caracterizan la naturaleza del capital de cada entidad; la primera toma el valor de 1 si el capital en su mayoría es nacional o 0 si es extranjero y, la segunda, toma el valor de 1 si su naturaleza es

privada o 0 si es pública. Por otra parte, dado que en Colombia existen conglomerados entre instituciones, se genera una variable que toma el valor de 1 si pertenece al grupo AVAL, o al grupo Bancolombia y 0 si no pertenece a ninguno de estos dos grupos.

4.3.2. Variables de entorno

Se incorporan proxies de crecimiento del PIB, inflación y tasas de interés real con el fin de capturar desarrollos macroeconómicos que puedan afectar la salud financiera. La tasa de crecimiento del PIB real se utiliza ya que las oportunidades de inversión para los bancos pueden estar correlacionadas con los ciclos económicos (Heimeshoff y Uhde, 2009), por lo tanto se espera que el coeficiente sea positivo si las posibilidades de inversión aumentan en la parte de expansión del ciclo. Adicional a esto, se espera que en auge mejore la liquidez de los prestatarios, mejorando así la calidad de la cartera de cada entidad (Heimeshoff y Uhde, 2009). Debido a que en Colombia no hay una medida de PIB real mensual, se toma la demanda de energía como aproximación a la actividad económica del país ya que entre los indicadores líderes propuestos por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) ésta tiene un comportamiento similar al crecimiento del PIB real.

Los cambios en inflación y la variación en la tasa de interés real, si no son anticipados por las entidades bancarias, pueden hacer que la calidad del activo empeore; por esto, se tiene en cuenta el nivel de inflación anual reportado por el DANE, y como tasa de interés real se toma la DTF (reportada por el Banco de la República) corregida por la inflación.

Adicionalmente, se incorpora la tasa de desempleo colombiana para cada mes del 2009. Se utiliza la tasa rezagada, ya que la pérdida de empleo afecta la calidad de la cartera de cada institución en un periodo posterior a la pérdida del mismo.

4.4. Resultados

Las tablas 2 y 3 muestran la estimación del modelo base (ecuación 1), en el que se reporta el efecto de la salud promedio de los vecinos sobre la salud individual de una entidad; en la Tabla 2 se utiliza una matriz que reporta si hay o no conexión entre las entidades en términos de transacciones (siendo una matriz de unos y ceros), mientras que la Tabla 3 reporta los resultados utilizando la matriz de transacciones ponderada por volúmenes.

Las columnas 1 y 2 no tienen en cuenta el efecto de red (Basilea III). Las columnas del cuadro incluyen controles de manera aditiva. La columna 3 tiene en cuenta

el efecto espacial sin incorporar ningún control. La columna 4 incluye los controles específicos de la firma. La columna 5 incluye controles macroeconómicos. La Columna 6, al igual que la 2, tiene en cuenta tendencias diferenciadas por conglomerados, ya que dada la naturaleza del sistema financiero colombiano, pertenecer o no pertenecer a estos grupos puede mejorar o empeorar la salud de diferente forma según el periodo de referencia. Todas las especificaciones de los modelos incluyen efectos fijos por entidad; de este modo se controla el efecto que pueden tener las características no observadas específicas de la firma que no cambian en el tiempo.

Una vez descrita la estructura de las tablas 1 y 2, se describen ahora los resultados principales. Las columnas 1 y 2 incorporan la especificación propuesta por Basilea II, en la cual la salud bancaria se explica por las características específicas de cada entidad y diferentes características macroeconómicas colombianas.

Se evidencia que al tener los datos una frecuencia mensual, las condiciones macroeconómicas no son significativas, mientras que el tamaño de las entidades y su nivel de apalancamiento sí son significativas para determinar la salud de cada entidad. Los cambios en la estimación entre las columnas 1 y 2 indican que al controlar por las tendencias diferenciadas de conglomerados la importancia de las características individuales de la firma en la determinación de la salud es ligeramente menor.

La columna 3 muestra que hay un efecto de red significativo que no se tiene en cuenta en la especificación que se propone en BASILEA II. La columna 4 incorpora las variables firma-específica; en este caso, se ve que el efecto de red es positivo y significativo, es decir, si mejora la salud de las entidades (j) que tienen relación con una entidad (i), la salud de esta mejora. En esta columna, también se evidencia que al incorporar el efecto de red la significancia de las variables específicas de la firma que explicaban la salud bajo la especificación propuesta en BASILEA II no pierden ni la significancia ni la dirección del efecto. Sin embargo, el efecto que cada una tiene sobre la salud disminuye, evidenciando así que al no tener en cuenta el efecto de red se está sobrestimando el impacto de estas variables en el cálculo de una medida de salud bancaria.

La columna 5 incorpora los controles macroeconómicos, que aunque individualmente no son significativos, lo son al realizar una prueba de significancia conjunta. El coeficiente que muestra la significancia de red aumenta, indicando que dada una volatilidad en las condiciones del sistema, las relaciones entre los agentes se vuelven más relevantes. La columna 6 incorpora el efecto de pertenecer o no a conglomerados financieros, este control es relevante debido a que es de esperarse que las entidades tengan un mayor volumen de transacciones dentro de los grupos financieros debido a que poseen tasas preferenciales con los otros integrantes del mismo conglomerado,

lo que debería restarle significancia a las relaciones con los demás integrantes de la red en general. Para este caso el estimador sigue siendo positivo y significativo, pero como se advirtió anteriormente es menor.⁶

5. Conclusiones

En este estudio se ha mostrado que hay externalidades de red que deben ser cuantificadas, tal como se propone en el enfoque macro-prudencial sugerido en BAsILEA III. La metodología propuesta permite incorporar la información de red a través de la construcción de una matriz de conexiones, con el fin de utilizar las herramientas de la econometría espacial, y lograr tener una aproximación empírica de los efectos de red.

La metodología fue aplicada para el sector financiero colombiano, específicamente para la red que formaban los establecimientos de crédito en 2009. Se utilizaron datos de balance en la construcción de la variable dependiente, la cual sigue los lineamientos del CAMEL propuesto por FOGAFIN (2011). Los controles que se probaron incluyeron variables como aquellas que son específicas de cada entidad, variables que reflejaban las condiciones macroeconómicas del país y la inclusión de una variable que identifica la pertenencia de una entidad a un grupo financiero. Cabe señalar que para diferentes especificaciones en la matriz de conexiones y diferentes grupos de controles se encontró que el efecto de red es significativo. Sin embargo se debe tener cuidado al interpretar el coeficiente, ya que la interpretación que se le da en el presente documento solo podría ser válida para el 2009, por disponibilidad de información para la construcción de la matriz, este resultado no se pudo probar para años diferentes.

Las limitaciones en la información tampoco permitieron que el tamaño de la muestra fuera superior ya que por un lado, la variable dependiente solo se construyó para los establecimientos de crédito y por otra parte la unidad temporal quedó reducida a solo 12 meses, y si bien la especificación del modelo es tipo panel permite capturar heterogeneidad no observada, no se pueden observar cambios relevantes con el transcurrir del tiempo. Adicional a esto debido a que la matriz está construida para el nivel de transacciones registradas para el 2009 en general y no para cada mes se pierden cambios que podrían alterar los coeficientes. Otra limitación

⁶Para poder realizar un ejercicio adecuado incluyendo los conglomerados financieros, se deberían tener en cuenta las sub-redes existentes en el sistema, sin embargo en ausencia de información para realizar este ejercicio, en el presente documento se incorpora la naturaleza de los conglomerados a partir de variables binarias que toman en valor de 1 si se pertenece al conglomerado y 0 si no, y se deja que esta variable cambie en el tiempo.

que presenta el ejercicio, es la inclusión de un mayor número de controles previstos en la literatura, debido a que la construcción de los mismos se realiza a partir de datos de balance, y como se mostró anteriormente la variable dependiente está construida a partir de los mismos, esto podría agregar endogeneidad al modelo. Con el fin de revisar que estos controles utilizados no estén afectando ni la significancia, ni el signo, se realizan unas estimaciones alternas excluyendo las variables de tamaño y apalancamiento, para el modelo más completo. Las columnas 1, 2 y 3 estiman el modelo excluyendo el tamaño, el apalancamiento, y los dos, respectivamente, para una especificación con una matriz de conexiones binaria, mientras que la 4, 5, 6 realizan el mismo ejercicio bajo una especificación de distancia económica. En los resultados se ve que el coeficiente espacial sigue siendo significativo.

TABLA 1: CAMEL FOGAFIN

Indicador	Ponderación	Rango	Calificación
Capital= Patrimonio Tecnico / activos ponderados por el nivel de riesgo+(100/9 * <i>RM</i>) RM: Riesgo de Mercado	25 %	< 8 %	1
		$\geq 8\% \text{ y } < 9\%$	2
		$\geq 9\% \text{ y } < 10\%$	3
		$\geq 10\% \text{ y } \leq 12\%$	4
		> 12 %	5
Activos= Cartera vencida / Cartera Bruta	20 %	> 8 %	1
		$> 6\% \text{ y } \leq 8\%$	2
		$> 4\% \text{ y } \leq 6\%$	3
		$> 3\% \text{ y } \leq 4\%$	4
		$\leq 3\%$	5
Gestión= Gastos operacionales totales / Margen financiero bruto	20 %	$> 80\% \text{ o } < 0\%$	1
		$\geq 70\% \text{ y } \leq 80\%$	2
		$\geq 60\% \text{ y } < 70\%$	3
		$\geq 50\% \text{ y } < 60\%$	4
		< 50 %	5
Rentabilidad= Utilidad / Activo Promedio	25 %	< 0 %	1
		$\geq 0\% \text{ y } < 1\%$	2
		$\geq 1\% \text{ y } < 2\%$	3
		$\geq 2\% \text{ y } < 3\%$	4
		$\geq 3\%$	5
Liquidez= (Activos liquidos – Pasivos liquidos) / Depositos	10 %	$\leq -10\%$	1
		$> -10\% \text{ y } \leq 4\%$	2
		$> 4\% \text{ y } \leq 6\%$	3
		$> 6\% \text{ y } \leq 15\%$	4
		> 15 %	5

TABLA 2: MCE2E-VI Utilizando una matriz de conexiones binaria

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ρ			0.515*** (0.0858)	0.332*** (0.128)	0.421*** (0.150)	0.313** (0.142)
Tamaño	1.101*** (0.208)	1.051*** (0.207)		1.002*** (0.205)	1.026*** (0.207)	1.008*** (0.207)
Apalancamiento	-0.0836*** (0.0154)	-0.0772*** (0.0154)		-0.0705*** (0.0156)	-0.0718*** (0.0158)	-0.0699*** (0.0157)
Inflacion	-0.000391 (0.00706)	-0.00288 (0.00785)			-0.00167 (0.00699)	-0.00374 (0.00780)
Crecimiento de la demanda de energia	0.0707 (0.317)	0.0511 (0.353)			-0.00469 (0.315)	-0.0133 (0.351)
Tasa de interes real	0.0414 (0.0443)	0.0579 (0.0492)			0.0330 (0.0438)	0.0509 (0.0489)
Tasa de Desempleo	-0.0151 (0.0197)	0.000531 (0.0218)			0.0159 (0.0224)	0.0257 (0.0245)
Tendencias diferenciadas Conglomerados	NO	SI	NO	NO	NO	SI
Efectos Fijos	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Observaciones	348	348	348	348	348	348
R^2	0.253	0.252	0.330	0.875	0.876	0.882
R^2 ajustado	0.0454	0.0599	0.0445	0.863	0.862	0.863

Errores Estándar en Paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

TABLA 3: MCE2E-VI Utilizando una matriz de conexiones ponderada

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ρ			0.422***	0.381***	0.479***	0.330**
			(0.0858)	(0.115)	(0.134)	(0.130)
Tamaño	1.101***	1.051***		0.871***	0.890***	0.926***
	(0.208)	(0.207)		(0.215)	(0.216)	(0.214)
Apalancamiento	-0.0836***	-0.0772***		-0.0574***	-0.0579***	-0.0618***
	(0.0154)	(0.0154)		(0.0169)	(0.0170)	(0.0166)
Inflacion	-0.000391	-0.00288			-0.00404	-0.00531
	(0.00706)	(0.00785)			(0.00713)	(0.00792)
Crecimiento de la demanda de energia	0.0707	0.0511			0.0499	0.0347
	(0.317)	(0.353)			(0.317)	(0.353)
Tasa de interes real	0.0414	0.0579			0.0387	0.0535
	(0.0443)	(0.0492)			(0.0443)	(0.0493)
Tasa de Desempleo	-0.0151	0.000531			0.0274	0.0313
	(0.0197)	(0.0218)			(0.0230)	(0.0250)
TENDENCIAS DIFERENCIADAS CONGLOMERADOS	NO	SI	NO	NO	NO	SI
EFFECTOS FIJOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Observaciones	348	348	348	348	348	348
R^2	0.253	0.252	0.317	0.873	0.873	0.879
R^2 ajustado	0.0454	0.0599	0.0475	0.861	0.859	0.861

Errores Estándar en Paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

TABLA 4: Regresiones alternas

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ρ	0.41207*** (0.156)	0.345** (0.149)	0.370** (0.160)	0.421*** (0.153)	0.323*** (0.134)	0.338** (0.146)
Tamaño		0.609*** (0.192)			0.574*** (0.193)	
Apalancamiento	-0.036** (0.015)			-0.029** (0.015)		
VARIABLES	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Conglomerados	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efectos fijos	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Observaciones	348	348	348	348	348	348
R^2	0.872	0.874	0.869	0.871	0.873	0.869
R^2 ajustado	0.852	0.854	0.849	0.850	0.853	0.849

Errores Estándar en Paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Referencias

- Acharya, V., & Richardson, M. 2009. *Restoring Financial Stability: How to Repair a Failed System*. NYU Stern.
- Aikman, D., Alessandri, P., Eklund, B., Gai, P., Kapadia, S., Martin, E., Mora, N., Sterne, G., & Willison, M. 2009. *Funding liquidity risk in a quantitative model of systemic stability*.
- Allen, F., & Babus, A. 2008. *Networks in Finance*. Wharton School Pub. Chap. 21.
- Allen, Franklin, & Gale, David. 2000. Financial Contagion. *Journal of Political Economy*, **108**, 1–33.
- Amini, H., Cont, R., & Minca, A. 2010. *Stress testing the resilience of financial networks*.
- Anselin, L. 1980. Estimation methods for spatial autoregressive structures. *Regional Science Dissertation & Monograph Series, Program in Urban and Regional Studies, Cornell University*.
- Anselin, L. 1988. *Spatial econometrics: methods and models*. Vol. 4. Springer.
- Anselin, L. 2001. Spatial econometrics. *A companion to theoretical econometrics*.
- Arias, Mauricio, Mendoza, Juan Carlos, & Perez, D. 2010. Applying CoV aR to Measure Systemic Market Risk: the Colombian Case. *Reporte de estabilidad financiera banco de la republica de colombia*.
- Baltagi, B., Song, S. H., & Koh, W. 2003. Testing panel data regression models with spatial error correlation. *Journal of econometrics*, **117**(1), 123–150.
- Baltagi, B., Egger, P., & Pfaffermayr, M. 2007. *A generalized spatial panel data model with random effects*. Tech. rept. Working Paper, Syracuse University.
- Bastos, E., & Cont, R. 2010. *The Brazilian Interbank Network Structure and Systemic Risk*.
- Becher, C., Millard, S., & Soramäki, K. 2008. *The network topology of CHAPS Sterling*.
- Bell, K., & Bockstael, N. 2000. Applying the generalized-moments estimation approach to spatial problems involving micro-level data. *Review of Economics and Statistics*, **82**(1), 72–82.

- Boss, M., Elsinger, H., Summer, M., & Thurner, S. 2003. *The Network Topology of the Interbank Market*.
- Boyack, K., Klavans, R., & Börner, K. 2005. Mapping the backbone of science. *Scientometrics*, **64**, No3, 351–374.
- Bramoullé, Y., Djebbari, H., & Fortin, B. 2009. Identification of peer effects through social networks. *Journal of Econometrics*, **150**, 41–55.
- Bramoullé, Y., & Fortin, B. 2009. Identification of peer effects through social networks. *Journal of econometrics*, **150**(1), 41–55.
- Brunnermeier, M., Gorton, G., & Krishnamurthy, A. 2011. *Risk Topography*.
- Cajueiro, D., & Tabak, B. 2007. *The Role of banks in the brazilian interbank market : Does type bank matter?*
- Capera, L., Gómez, E., Laverde, M., & Morales, M. 2011. Measuring systemic risk in the Colombian financial system: a systemic contingent claims approach. *Temas*.
- Case, A. 1992. Neighbourhood influence and technological change. *Regional science and urban economics*, **22**, 491–508.
- Castrén, O., & Kavonius, I. 2009. Balance Sheet Interlinkages and Macro-Financial Risk Analysis in the Euro Area. *European central bank*.
- Castro, C., & Ferrari, S. 2010 (June). *Measuring the systemic importance of financial institutions using market information*. Tech. rept. Financial stability review National Bank of Belgium.
- Chan-Lau, J. 2010a. *Balance Sheet Network Analysis of Too-Connected-to-Fail Risk in Global and Domestic Banking Systems*. IMF Working Papers.
- Chan-Lau, J. 2010b. *Regulatory Capital Charges for Too-Connected-to-Fail Institutions: A Practical Proposal*. IMF Working Papers.
- Cliff, A., & Ord, J. 1973. Spatial Autocorrelation. *Pion, London*.
- Corrocher, N., & Zirulia, L. 2009. ρ_{ij} Me and you and everyone we know $_{ij}$: An empirical analysis of local network effects in mobile communications. *Telecommunications Policy*, **33**(1), 68–79.
- Crosbie, P., & Bohn, J. 2003. *Modeling default risk, Moodys KMV*.

- Das, S., & Uppal, R. 2004. Systemic Risk and International Portfolio Choice. *The Journal of Finance*, **Vol. 59, No. 6**, 2809–2834.
- Degryse, H., & Nguyen, G. 2007. Interbank Exposures: An Empirical Examination of Contagion Risk in the Belgian Banking System. *International Journal of Central Banking*.
- Doganoglu, T., & Grzybowski, L. 2007. Estimating network effects in mobile telephony in Germany. *Information Economics and Policy*, **19(1)**, 65–79.
- Drehmann, M., & Tarashev, N. 2011. Measuring the Systemic Importance of Interconnected Banks.
- Drukker, D., Egger, P., & Prucha, I. 2013. On two-step estimation of a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances and endogenous regressors. *Econometric Reviews*, **32(5-6)**, 686–733.
- Durlauf, S., & H., Young. 2001. *Social Dynamics*. MIT: Press. Chap. The new social economics, pages 1–14.
- ECB. 2010. *Recent advances in modelling systemic risk using network analysis*. Tech. rept. European Central Bank.
- Eisenberg, L., & Noe, T. 2001. Systemic Risk in Financial Systems. *Management Science*, **47, No. 2**, 236–249.
- Elhorst, J. 2003. Specification and estimation of spatial panel data models. *International regional science review*, **26(3)**, 244–268.
- Elsinger, H., Lehar, A., & Summer, M. 2006. *Using Market Information for Banking System Risk Assessment*.
- Ergungor, O., & Thomson, J. 2006. *Systemic banking crises*. Vol. 23. Emerald Group Publishing Limited.
- Espinosa-Vega, M., & Sole, J. 2010. *Cross-Border Financial Surveillance: A Network Perspective*.
- Estrada, D., & Morales, P. 2008. La estructura del mercado interbancario y del riesgo de contagio en Colombia. *Reporte de estabilidad financiera banco de la republica de colombia*.
- Flannery, M., & Sorescu, S. 1996. Evidence of bank market discipline in subordinated debenture yields: 1983–1991. *The Journal of Finance*, **51(4)**, 1347–1377.

- Fu, W. 2004. Termination-discriminatory pricing, subscriber bandwagons, and network traffic patterns: the Taiwanese mobile phone market. *Telecommunications Policy*, **28**(1), 5–22.
- Galbiati, M., & Soramaki, K. 2010. An agent-based model of payment systems. *Journal of Economic Dynamics & Control*.
- Gauthier, C., Lehar, A., & Souissi, M. 2010. *Macroprudential Regulation and Systemic Capital Requirements*.
- Georg, P. 2011 (4). *Systemic Risk in Interbank Markets*. Ph.D. thesis, Rat der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät at der Friedrich-Schiller-Universität at Jena.
- Gonzalez, C., & Garcia, A. 2002. *El sector financiero de cara al siglo XXI*. ANIF. Chap. 3, pages 163–185.
- Gorton, G., & Santomero, A. 1990. Market discipline and bank subordinated debt: Note. *Journal of Money, Credit and Banking*, **22**(1), 119–128.
- Helbling, Thomas. 2010. What are externalities? *Finance & development*, **47**(4).
- Hoernig, S. 2008. Tariff-mediated network externalities: is regulatory intervention any good? *Vol.*
- Huang, X., Zhou, H., & Zhu, H. 2009. A framework for assessing the systemic risk of major financial institutions. *Journal of Banking & Finance*, **33**(11), 2036–2049.
- IMF. 2009. *Global Financial Stability Report*. Tech. rept. International Monetary Fund.
- Jin, F., & Lee, L. 2013. Generalized Spatial Two Stage Least Squares Estimation of Spatial Autoregressive Models with Autoregressive Disturbances in the Presence of Endogenous Regressors and Many Instruments. *Econometrics*, **1**(1), 71–114.
- Jorion, P., & Zhang, G. 2009. Credit Contagion from Counterparty Risk. *THE JOURNAL OF FINANCE*, **LXIV**, 2053.
- Kambhu, J., Weidman, S., & Krishnan, N. 2007. *New Directions for Understanding Systemic Risk*. The National Academies Press.
- Kapoor, M., Kelejian, H., & Prucha, I. 2007. Panel data models with spatially correlated error components. *Journal of Econometrics*, **140**(1), 97–130.

- Keiler, S., & Eder, A. 2013. CDS Spreads and Systemic Risk-A Spatial Econometric Approach.
- Kelejian, H., & Prucha, I. 1998. A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, **17**(1), 99–121.
- Kelejian, H., & Prucha, I. 1999. A generalized moments estimator for the autoregressive parameter in a spatial model. *International economic review*, **40**(2), 509–533.
- Kim, H., & Kwon, N. 2003. The advantage of network size in acquiring new subscribers: a conditional logit analysis of the Korean mobile telephony market. *Information Economics and Policy*, **15**(1), 17–33.
- Koopman, S., Kräussl, R., Lucas, A., & Monteiro, A. 2009. Credit cycles and macro fundamentals. *Journal of Empirical Finance*, **16**(1), 42–54.
- Laeven, L., & Majnoni, G. 2003. Loan loss provisioning and economic slowdowns: too much, too late? *Journal of Financial Intermediation*, **12**(2), 178–197.
- Lee, L. 2007. Identification and estimation of econometric models with group interactions, contextual factors and fixed effects. *Journal of Econometrics*, **140**, 333–74.
- Lee, L.F. 2004. Asymptotic distributions of quasi-maximum likelihood estimators for spatial econometric models. *Econometrica*, **72**, 1899–926.
- León, C. 2012. Implied probabilities of default from Colombian money market spreads: The Merton Model under equity market informational constraints. *Borradores de Economía*.
- Leon, C., Machado, C., Cepeda, F., & Sarmiento, M. 2011. *Too-connected-to-fail Institutions and Payments Systems Stability: Assessing Challenges for Financial Authorities*. Borradores de economía Banco de republica de Colombia.
- León, Carlos, & Berndsen, Ron J. 2013. *Modular scale-free architecture of Colombian financial networks: Evidence and challenges with financial stability in view1*. Tech. rept. Banco de la Republica de Colombia.
- Lin, X. 2005. *Peer effects and student academic achievement: an application of spatial autoregressive model with group unobservables*. Tech. rept. Ohio State University.

- Liu, M., & Staumy, J. 2010. *Systemic Risk Components in a Network Model of Contagion*.
- Lung-fei Lee, X., & Lin, X. 2010. Specification and estimation of social interaction models with network structures. *Econometrics Journal*, **13**, 145-176.
- Machado, C., León, C., Sarmiento, M., Cepeda, F., Chipatecua, O., & Cely, J. 2010. *Riesgo Sistémico y Estabilidad del Sistema de Pagos de Alto Valor en Colombia: Análisis bajo Topología de Redes y Simulación de Pagos*. Borradores de economía Banco de republica de Colombia.
- Manski, C.F. 1993. Identification of endogenous social effects: the reflection problem. *Review of Economic Studies*, **60**, 531-42.
- Markose, S., Giansante, S., Gatkowski, M., & Shaghghi, A. 2009. *Too Interconnected To Fail: Financial Contagion and Systemic risk in network model od CDS and Other Credit Enhancement Obligations of US banks*.
- Martínez, Constanza, & León, Carlos. 2014. *The cost of collateralized borrowing in the Colombian money market: does connectedness matter?* Tech. rept. Banco de la Republica de Colombia.
- Merton, R. 1974. On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates*. *The Journal of Finance*, **29**(2), 449-470.
- Márquez, J., & Martinez, S. 2009. A network model of systemic risk: stress testing the banking system. *Intelligent Systems In Accounting, Finance And Management*, **16**, 87-110.
- Newman, M. 2010. *Networks: An Introduction*. Oxford University Press.
- Niera, E., Yanga, J., Yorulmazera, T., & Alentorn, A. 2007. Network models and financial stability. *Journal of Economic Dynamics & Control*, **31**, 2033-2060.
- on Banking Supervision, Basel Committe. 2010 (December). *Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems*. Tech. rept. Bank for international settlements.
- on Banking Supervision, Basel Committe. 2011. *The transmission channels between the financial and real sectors: a critical survey of the literature*.
- Ord, K. 1975. Estimation methods for models of spatial interaction. *Journal of the American Statistical Association*, **70**(349), 120-126.

- Pesaran, M. 2006. Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, **74**(4), 967–1012.
- Pinksey, J., & Slade, M. 2009. *The Future of Spatial Econometrics*. Tech. rept. The Pennsylvania State University.
- Signori, D., & Gencay, R. 2012 (March). *Economic links and counterparty risk*. Tech. rept. Simon Fraser University.
- Sobolewski, M., & Czajkowski, M. 2012. Network effects and preference heterogeneity in the case of mobile telecommunications markets. *Telecommunications Policy*, **36**(3), 197–211.
- Souto, M. 2008. Has the uruguayan financial system become more resilient to shocks? an analysis adapting the merton framework to a country without equity market data. *IMF Occasional Paper*.
- Thomson, J. 2010. On systemically important financial institutions and progressive systemic mitigation.
- Uhde, A., & Heimeshoff, U. 2009. Consolidation in banking and financial stability in Europe: Empirical evidence. *Journal of Banking & Finance*, **33**(7), 1299–1311.
- Yu, J., de Jong, R., & Lee, L. 2008. Quasi-maximum likelihood estimators for spatial dynamic panel data with fixed effects when both n_i and T_i are large. *Journal of Econometrics*, **146**, 118–134.