



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Estimación de la relación de capitalización óptima y la probabilidad de quiebra de bancos en Colombia

Paula Andrea Cifuentes Henao

Universidad Nacional de Colombia

Facultad Ciencias Económicas

Bogotá, Colombia

2011

Estimación de la relación de capitalización óptima y la probabilidad de quiebra de bancos en Colombia

Paula Andrea Cifuentes Henao

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Económicas

Director (a):

Ph.D. Economía, Jose Eduardo Gómez González

Codirector (a):

Economista, Gustavo Adolfo Junca

Línea de Investigación:

Sistema Financiero

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Bogotá, Colombia

2011

A mi hijo Juan Sebastián Medina, quien me acompañó en toda mi formación profesional y permitió que culminara mis sueños con grandes satisfacciones. Igualmente a ti, tía Amparito, por ser quién me permitió ser quien soy hoy en día, te quiero.

Agradecimientos

Agradezco la colaboración incondicional por parte de mi director de tesis, Jose Eduardo Gómez González, actualmente Investigador Principal del Banco de la República, quien siempre estuvo dispuesto a aclarar aquellas inquietudes que surgieron con la realización del trabajo. Así mismo, agradezco la disposición incondicional de Andrés García Suaza, Profesor de la Universidad del Rosario, quien estuvo dispuesto a aclarar inquietudes en torno al tema de mi trabajo de grado. A ambos mis más sinceros agradecimientos y deseo lo mejor para ustedes en su camino como seres humanos y economistas, realmente son admirables.

Resumen

Este trabajo estudia la crisis financiera colombiana de finales de la década de 1990 y provee evidencia estadística de los determinantes de quiebra de las entidades de crédito en Colombia, centrándose en el potencial efecto no lineal que presenta el capital sobre la probabilidad de que ocurra default, y busca estimarlo haciendo uso de modelos de duración. Se espera que aumentos en la relación de solvencia reduzcan la probabilidad de quiebra en cada momento del tiempo, pero a una tasa decreciente. De esta forma, la no linealidad permite diferenciar la probabilidad latente de quiebra de una entidad pobremente capitalizada de aquellas adecuadamente capitalizadas. El modelo planteado en este documento, permite estimar un valor umbral (capital "óptimo") que separa estos dos tipos de entidades; de acuerdo con los resultados de las estimaciones realizadas, este indicador se encuentra alrededor de 13.7%. Adicionalmente, el tamaño, la rentabilidad y la eficiencia de los establecimientos financieros también son determinantes importantes de la probabilidad de quiebra.

Clasificación JEL: C2, G2, G3.

Palabras clave: Probabilidad de quiebra, capital, sector financiero, modelos de duración, Colombia.

Abstract

This study examines the Colombian financial crisis late in 1990 and provides statistical evidence of the determinants of bankruptcy of credit institutions in Colombia, focusing on the potential nonlinear effect of the capital on the probability of default, and seeks to estimate using duration models. It is expected that increases in capital adequacy ratio will reduce the probability of failure at each point in time, but at a decreasing rate. Thus, the nonlinearity can differentiate the probability of latent failure of a poorly capitalized entity from those adequately capitalized. The model proposed in this paper allow to estimate a threshold value (capital "optimum") that separates these two types of entities, According to the results of the estimates, this indicator is

about 13.7%. Additionally, the size, profitability and efficiency of financial institutions are also important determinants of the probability of bankruptcy.

JEL Classification: C2, G2, G3.

Keywords: Probability of bankruptcy, capital, financial sector, duration models, Colombia.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	IX
Lista de tablas	¡Error! Marcador no definido.
Introducción.....	1
1. Marco Teórico.....	5
2. Marco Regulatorio	7
3. Hechos estilizados	13
4. Revisión de literatura.....	18
5. Caracterización Modelos de Duración y técnicas de estimación empleadas	20
6. Descripción de los datos de la muestra.	26
7. Resultados de la estimación.	32
8. Conclusiones.....	37
Bibliografía.....	39

Introducción

A raíz de la actual crisis internacional, la cual dio inicio desde mediados de 2007, diferentes instituciones, entre ellas Basilea y organismos encargados de la supervisión y regulación de los sistemas financieros, destacan la necesidad de llevar a cabo una revisión estructural al acuerdo de Basilea II. Esta revisión considera como puntos relevantes la calidad y cantidad del capital que reportan las entidades financieras a los Supervisores, con el fin de determinar la conveniencia de incorporar algunas reformas en la regulación. Sin embargo, Basilea II fue criticada por generar efectos pro-cíclicos no deseados, ya que los ajustes de los requerimientos de capital fluctuaban según el ciclo económico. Posteriormente, a finales del año 2010, el Banco de Acuerdos Internacionales (BIS por sus siglas en inglés), anunció los cambios regulatorios realizados, los cuales dan origen a Basilea III, acuerdo que posibilita la utilización de herramientas que permiten obrar con criterios anti-cíclicos.

Dado que el tema de discusión regulatoria en torno a los mercados financieros ha vuelto a ser relevante, surge la inquietud en torno a los requerimientos de capital que sugieren como óptimos para un adecuado funcionamiento que garantice la estabilidad financiera en una economía. Así, el presente documento utiliza modelos de duración para llevar a cabo un análisis de la probabilidad de quiebra de los establecimientos de crédito colombianos, identificando la importancia del indicador de capitalización, entre otros indicadores, en la disminución de dicha probabilidad después de un choque macroeconómico adverso y como solución pertinente al problema enmarcado en la Teoría de la Agencia (el problema de la agencia). Este problema se puede dividir en dos: el problema de la información oculta o selección adversa (hidden information ó adverse selection) y el problema de acción oculta o riesgo moral (hidden action ó moral hazard) que surge en la relación entre el principal y el agente (en este caso entre los depositantes e inversionistas y los bancos comerciales; y el asegurador y los bancos comerciales). En otras palabras, se busca estimar el nivel óptimo de capitalización que minimiza la probabilidad de quiebra de las entidades financieras, ante un escenario de tensión financiera y

económica, minimizando los problemas de principal-agente. Por lo tanto, se aborda el problema en torno a la cantidad de capital mientras que el problema de la calidad del mismo y de otras variables financieras relevantes en el manejo de exposición al riesgo por parte de las instituciones financieras, serán abordadas en otros documentos. Adicionalmente, es importante tener presente a lo largo del documento, que la definición de un nivel óptimo de capitalización requiere de un análisis de trade-off entre los beneficios de contar con un sistema financiero más estable y los costos asociados a mayores márgenes de intermediación como consecuencia de mayores requerimientos de capital. Así mismo, se debe garantizar que los niveles de capital óptimos aseguren la no existencia de capitales ociosos en el sistema financiero.

Es importante tener claro que, el objetivo del estudio no consiste en hallar un nivel de capitalización que haga invulnerable a una entidad financiera ante los efectos de un choque adverso; de hecho, tal nivel podría no existir o hacer inviable la continuidad de la institución financiera en cuestión. En lugar de esto, se trata de hallar un nivel de capitalización adecuado que permita a las entidades financieras crecer de manera sostenible; es decir, que éstas mantengan una solidez patrimonial adecuada sin limitar de forma excesiva su capacidad de aprovechar oportunidades de negocios rentables. En este sentido, se muestra que el efecto de la razón de capitalización en la disminución de la probabilidad de quiebra es no lineal y se consideran diferentes formas funcionales para garantizar que la estimación del indicador de capitalización óptima sea lo suficientemente robusto.

Para llevar a cabo la estimación del nivel óptimo de capitalización, se utilizan datos financieros de los establecimientos de crédito en Colombia para el período comprendido entre junio de 1998 y diciembre de 2001, periodo en el cual se cuenta con suficiente información de quiebras bancarias ante choques negativos en la economía colombiana, lo que hace aun más robusto el indicador. A finales de la década de 1990 y comienzos de la década del 2000 el sistema financiero colombiano se vio afectado por numerosas quiebras, fusiones y adquisiciones. Se evidenció un deterioro generalizado de la estabilidad financiera en la época y se observó una drástica caída en las razones de capitalización, rentabilidad y liquidez. Antes de la crisis de finales de los 90's (para ser más exactos en junio 1998) el sistema financiero colombiano estaba constituido por 119 entidades; posterior a la crisis (para diciembre de 2001) este número de entidades se vio reducido a 55. Esta reducción se explica, como se mencionó anteriormente, por las numerosas quiebras,

adquisiciones y fusiones que se dieron en ese momento. Adicionalmente, el activo del sistema financiero se contrajo en términos reales en aproximadamente 20% durante el mismo periodo, haciendo de esta situación la crisis más profunda para el país en los últimos cien años.

Este documento puede llegar a tener un alcance significativo en torno a decisiones de política económica. Propone una metodología mediante la cual se puede estimar el nivel óptimo de solvencia que debe tener una entidad, las variables microeconómicas que inciden de manera importante en quiebras bancarias y emplea un modelo que puede ser utilizado como una herramienta de alerta temprana por el ente Supervisor y el Asegurador de Depósitos (para el caso colombiano FOGAFIN). Adicionalmente, el modelo permite identificar con mayor precisión y claridad cuáles son las variables microeconómicas más frágiles a las cuales se les debe hacer seguimientos en momentos de tensión económica y financiera. Por tanto, las preguntas a responder sobre las cuales gira la investigación se enumeran a continuación y enmarcan el desarrollo del documento:

- a. ¿Cuál es la probabilidad de que después de un choque negativo en la economía, de que una entidad financiera quiebre después de N meses, dado que ha permanecido “viva” hasta el momento?
- b. ¿Cuál es el tiempo previsto de quiebra para una entidad con ciertas características?
- c. ¿Cuál debe ser el indicador óptimo de capitalización para minimizar la probabilidad de quiebra del sistema financiero, después de un choque negativo en la economía y que a la vez garantice la ausencia de capital ocioso en el balance de las entidades financieras?

Además de esta introducción, este documento está dividido en ocho secciones. En la primera se lleva a cabo un breve recuento del problema de la agencia. En la segunda se contextualiza al lector en el marco regulatorio de Basilea I, II y III. En la tercera se hace una breve descripción de los antecedentes de la crisis colombiana de la década de los años noventa y una breve reflexión en torno a la respuesta del sistema financiero colombiano a la actual crisis financiera internacional. En la cuarta parte se lleva a cabo la revisión de literatura. En la quinta se exponen las características de los modelos de duración y las técnicas de estimación. En la sexta se lleva a cabo una descripción de los datos de la muestra empleada para la estimación. En la séptima se

presentan los resultados de la estimación y en la octava sección se concluye. Finalmente, se presenta la bibliografía consultada.

1. Marco Teórico

La relación entre el sistema financiero¹, el ente supervisor y el público se enmarca dentro de la Teoría de la Agencia, la cual considera dos dificultades que surgen entre el agente y el principal: selección adversa y riesgo moral. Dado que los bancos comerciales (agentes) funcionan como intermediarios entre individuos deficitarios e individuos con excedentes (principales), la posibilidad de que las acciones que emprendan no se encuentren en línea con los objetivos del principal son bastante altas.

Por tanto, la solución que sugiere el modelo de de la teoría agente-principal consiste en diseñar un contrato que formule los estímulos correctos, con el fin de incentivar al agente a no desviarse de los intereses del principal. Dado que para los individuos (con excedentes, como deficitarios) es costoso vigilar las acciones de las instituciones financieras a las cuales confían sus recursos y/o necesidades y las decisiones que tomen con ellas, el ente regulador entre en escena como aquel que diseña diferentes contratos (regulación para el sistema financiero) que minimiza los problemas de selección adversa y riesgo moral.

De esta manera, uno de los requisitos más importantes para el ente regulador y para los individuos (principal), gira en torno a los requerimientos de capital a cada uno de las entidades que presten sus servicios como intermediarios financieros, en este caso específicamente los bancos comerciales (agentes). Por lo tanto, si no existiera un mínimo de solvencia podría haber problemas de agencia ya que los inversionistas y/o depositantes no podrían monitorear al banco, por ser agentes atomizados. Por lo tanto, el hecho de que existan requerimientos mínimos de capital exigidos por el ente regulador, permite minimizar la probabilidad de que las instituciones bancarias, tomen riesgo excesivo con el incentivo de obtener grandes rentabilidades.

¹ Igualmente, a nivel interno el problema de la agencia en las entidades financieras también se encuentra presente entre los accionistas o propietarios y los gerentes de las mismas.

Adicionalmente, no es suficiente con la implementación de un mínimo regulatorio de capital; además es necesario el estudio juicioso de los niveles óptimos y calidad del mismo, con el objetivo de no desincentivar la intermediación, minimizando la existencia de capital ocioso ni la toma excesiva de riesgo en los balances de las entidades financieras.

2. Marco Regulatorio

El marco regulatorio de Basilea gira en torno a requerimientos mínimos de capital para el funcionamiento de los establecimientos de crédito. Lo anterior permite identificar que el nivel de capitalización es una de las variables más importantes en el funcionamiento de las entidades financieras y por tanto una debilidad en este indicador puede llevar al sistema financiero a situaciones de inestabilidad. Por lo tanto, a continuación se describe de manera general los principales lineamientos de la regulación de Basilea y los cambios que ha tenido para garantizar mejores resultados en torno a la calidad y cantidad del capital.

El mínimo de la razón de patrimonio a activo, definida en Basilea I por el Comité de Supervisión (BCBS), se estableció a finales de la década de los ochenta, sin tener en cuenta una base teórica clara en términos de los niveles óptimos de capital. Según la Autoridad de Servicios Financieros (*Financial Services Authority* - FSA) (2009) este límite se implementó con el objetivo pragmático de incrementar el nivel de capital de un conjunto de bancos que para ese entonces se consideraba bajo, pero no buscó generar un aumento de los requerimientos de capital del sistema bancario. En términos generales, Basilea I agrupaba los activos por categorías de acuerdo con una medida de riesgo promedio y a partir de estas agrupaciones determinaba diferentes requerimientos de capital como porcentaje de los activos (Tabla 1).

Tabla 1

	Peso del Activo		Requerimiento de Capital para los activos ponderados		Requerimiento de Capital para el total de activos
Créditos corporativos	100%	x	8%	=	8.0%
Hipotecas	50%	x	8%	=	4.0%
Interbancario	10%	x	8%	=	0.8%

Fuente: FSA. "The Turner Review"

Bajo este esquema, todas las hipotecas y los créditos corporativos eran tratados de manera igual al interior de su respectiva categoría, lo cual generaba que, por ejemplo, en el caso concreto de las hipotecas, esta agrupación no fuera diferenciada por nivel de riesgo, lo que hacía que las hipotecas más riesgosas fueran más atractivas en términos de requerimientos de capital. De esta

manera, se generaban incentivos para estructurar la posición de riesgo de tal forma que se ubicara en la categoría de más bajo requerimiento de capital. De esa forma, la normatividad de Basilea I tenía efectos pro-cíclicos, generando incentivos para que en los periodos de auge económico aumentara la toma de riesgos por parte de las entidades financieras. En términos generales Basilea I resultaba ser inflexible frente a innovaciones financieras, lo cual incentivó a las entidades financieras a incluir, de manera parcial, el riesgo de sus exposiciones en el cálculo de sus requerimientos de capital (Foro de Estabilidad Financiera, 2008).

El esquema de Basilea II busca introducir una aproximación más sensible al riesgo, basada en el análisis detallado de las características de diferentes subcategorías de activos y realiza un ajuste más preciso de los requerimientos de capital, determinado por el nivel de riesgo de estos².

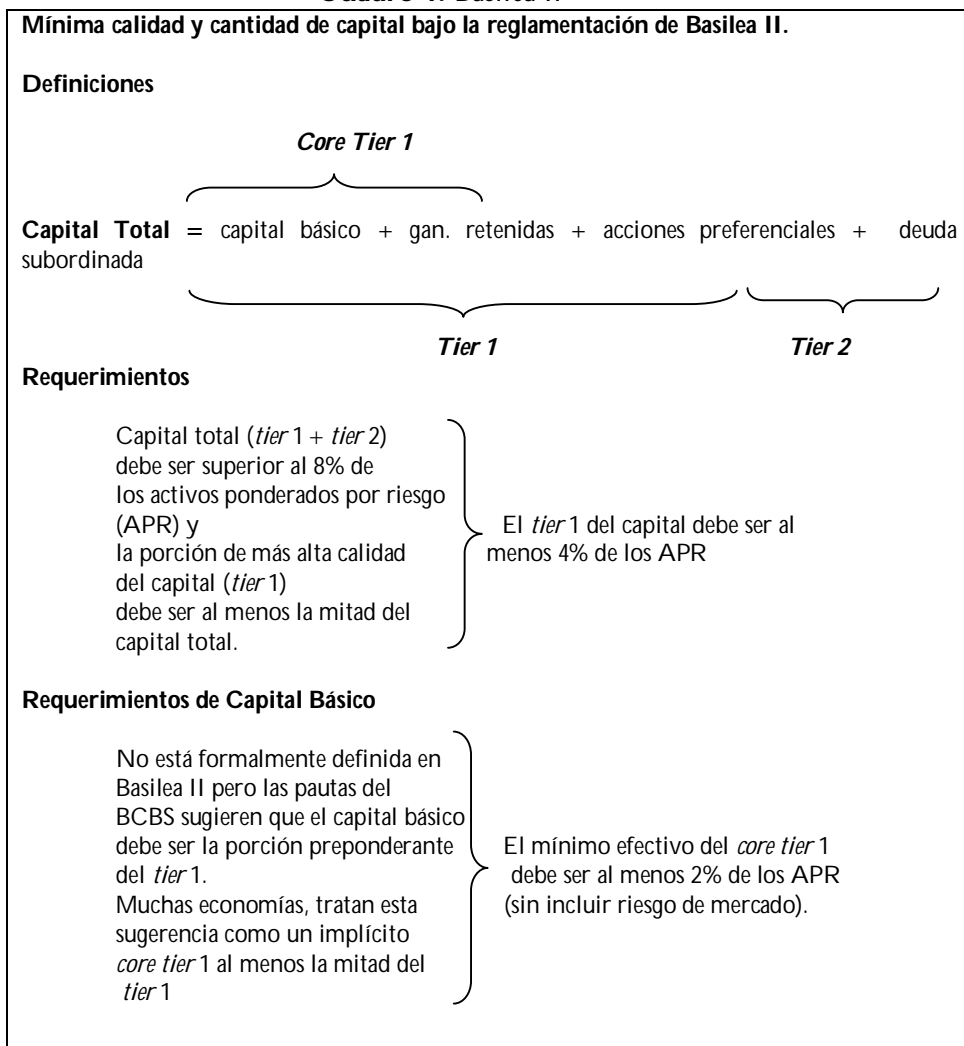
De esta forma, el esquema de Basilea II es más flexible para la contabilización de varios riesgos que no eran capturados por Basilea I. Los tres pilares de Basilea II³ (Wellink, 2008).

En la actualidad, las reglas internacionales (Basilea II) definen un requerimiento de 8% para el capital total relativo a los activos ponderados por riesgo (APR), 2% del capital básico (*core tier 1*) y 4% para el *tier 1*. En el Cuadro 1 se presenta una descripción general de la cantidad mínima y calidad del capital bajo la reglamentación de Basilea II.

² Basada en valoración interna de riesgos (*Internal Rating Based - IRB*).

³ El pilar I corresponde a los mecanismos internos de autocontrol; el pilar II hace referencia a la supervisión y el pilar III se refiere a la transparencia y al control de mercado.

Cuadro 1. Basilea II



Fuente: FSA (2009). "The Turner Review".

La estructura de Basilea II, a pesar de ser más sensible al nivel de riesgo de los activos en comparación con Basilea I, ha sido criticada por generar efectos pro-cíclicos, en la medida en que los ajustes de los requerimientos de capital están en función del nivel de riesgo de los activos, el cual fluctúa con el ciclo económico. Adicionalmente, la crisis financiera actual ha evidenciado que el capital de calidad inferior a Core Tier 1, ha sido insuficiente para absorber las pérdidas de varias instituciones financieras (como fue el caso de Lehman Brothers), lo cual ha hecho

necesario, en algunos casos, la intervención estatal para mantener la estabilidad del sistema financiero⁴.

Dado el reciente consenso internacional en torno a que la calidad y cantidad del capital en el sistema bancario debería incrementarse, surge Basilea III, acuerdo enmarcado en herramientas que permiten obrar con criterios contra-cíclicos. Lo anterior, con el objetivo de prevenir crisis sistémicas como la ocurrida en años recientes a nivel mundial. Aunque el nuevo acuerdo no tiene incidencia en la regulación local, sí incide en las decisiones regulatorias que pueden tomarse al interior del país en los próximos años. La estructura de Basilea III continúa exigiendo un mínimo regulatorio de 8%, pero bajo una mayor exigencia sobre el tipo de capital, lo que se resume en el Cuadro 2. En medio de tales modificaciones regulatorias, en el presente documento se aborda el problema de la cantidad de capital, estimando un indicador de capitalización óptima, que minimice la probabilidad de quiebra de los bancos ante un choque negativo que desestabilice la economía y el sistema financiero colombiano.

Cuadro 2. Basilea III

Basilea III: Propuesta de capital regulatorio			
	Core Tier 1	Tier 1 Capital	Capital Total
A. Mínimo	4.5%	6.0%	8.0%
B. "Colchón" para la conservación de capital	2.5%		
A + B	7.0%	8.5%	10.5%
"Colchón" anti-cíclico*	0% - 2.5%		

*Se ubicará en un rango entre 0% y 2.5% según las condiciones de cada país.

Fuente: *Basilea III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking system, BIS.*

⁴ Un problema adicional del esquema regulatorio de Basilea II, se centra en que las ponderaciones por nivel de riesgo de los activos son estáticas y ad-hoc, por lo cual pueden llevar a que no se reflejen de forma adecuada las diferencias en toma de riesgos de las entidades.

3. Hechos estilizados

Durante los años 80, el sistema financiero colombiano se regía por una regulación que exigía reservas elevadas, inversiones forzosas y fuertes restricciones a la entrada de inversión extranjera. Adicionalmente, se presentaron varias nacionalizaciones de instituciones financieras a lo largo de la década. A comienzos de los años 90 se comienza a implementar un programa de liberalización financiera por medio de la ley 45 de 1990 y la ley 9 de 1991, las cuales procuraban facilitar las condiciones para la entrada de inversión extranjera en Colombia, lo que promovía una mayor competencia en el sistema financiero y daba mayor libertad de administración de operaciones financieras y tasas de interés por parte de los intermediarios financieros.

Entre 1990 y 1996 la razón de activos⁵ de los intermediarios financieros en proporción al PIB pasó de ser 31% a ser 47%. Además, se evidenció un gran aumento en el número de instituciones en el sistema financiero y de los créditos otorgados en la economía. Así mismo, la participación de los activos de bancos extranjeros dentro del total del sistema aumentó y se llevaron a cabo varias privatizaciones de instituciones financieras del gobierno⁶.

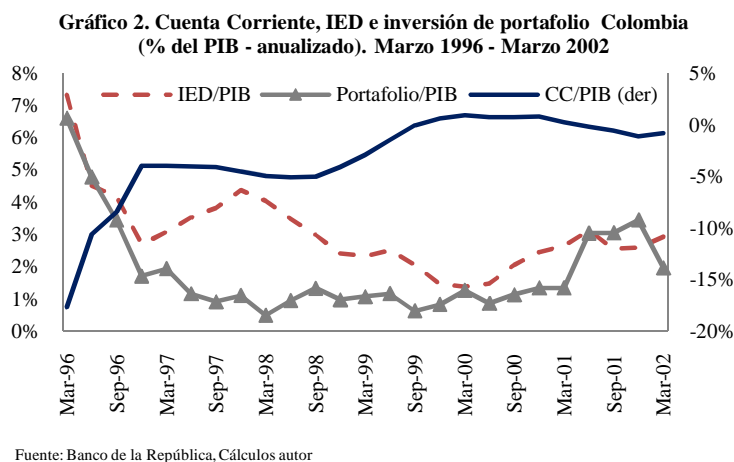
⁵ Medidos como créditos y bonos o inversiones "seguras".

⁶ El proceso de ampliación de la actividad de intermediación financiera, después de un proceso de liberalización económica no fue único en Colombia. También sucedió lo mismo en otros países como Rusia y otras economías en transición después de 1989, países orientales del grupo de "los tigres" y "los dragones", y otras economías latinoamericanas.



En un momento en el cual varias economías pequeñas empezaron a liberalizarse y en el cual las tasas de interés de las economías desarrolladas eran bajas, el aumento del apetito por riesgo de los inversionistas llevó a que en el primer lustro de la década de 1990 se dieran importantes flujos de capital de economías desarrolladas hacia economías emergentes lo que se refleja en los niveles de tolerancia al riesgo medidos por el Índice VIX⁷ (Gráfico 1 y 2).

Dichos flujos de capital fueron en su mayoría de corto plazo, ocasionados por la búsqueda de mayores retornos de los inversionistas. De esta forma, hicieron vulnerables a las economías receptoras de los flujos de capital ante una repentina reversión de dichos flujos (Gráfico 2).



⁷ Mide la volatilidad sobre las opciones puts del S&P 500. Se intentó capturar el comportamiento de la aversión al riesgo a través de otros indicadores como los CDS a 5 años o el EMBI+, pero dada la inexistencia de los datos para la década de los años 90's no fue posible, considerando el VIX como el indicador más aproximado.

Entre 1998 y 1999 se dio una reversión importante de flujos de capital, seguido por una caída en los términos de intercambio, lo que condujo a una reducción del gasto agregado. La reversión de los flujos de capital obedeció al aumento de la preferencia por liquidez y al aumento de la aversión al riesgo de los inversionistas, comportamientos explicados en buena parte por la crisis asiática de 1997, la crisis rusa de 1998 y la crisis brasilera de 1998. Esto ha sido considerado como la principal causa de la crisis financiera y contracción económica colombiana de finales de la década de los 90's (Villar et al. (2005)).

La demanda interna y el producto cayeron, especialmente durante 1999 y entre tanto las tasas de interés aumentaron, incrementando la vulnerabilidad del sistema financiero. Parra y Salazar (2000) argumentan que la política monetaria también aumentó la vulnerabilidad del sistema, cuando en junio de 1998 el banco central, defendiendo la banda cambiaria, añadió presión sobre las tasas de interés⁸. En promedio, la tasa de interés de CDT´s a 90 días se incrementó en 500 p.b. en un mes, mientras que el promedio de la tasa de interés de los créditos aumentó al menos 1000 p.b. durante el mismo período. De aquí en adelante comenzó el deterioro financiero en las hojas de balance del activo de los intermediarios financieros.

No obstante, dicho crecimiento de la actividad de intermediación financiera en Colombia no estuvo respaldado por un crecimiento acorde en los márgenes de solvencia y de provisiones de las entidades financieras. De esa forma, como suele suceder cuando existe una rápida expansión de créditos en la economía, seguido por una liberalización financiera, la calidad de los créditos se deterioró elevando la fragilidad financiera de la economía. Esto se evidenció en la crisis de finales de la década de 1990.

La calidad de los créditos desmejoró sustancialmente, lo que se evidencia en un aumento de la cartera vencida en proporción a la cartera total, la cual pasó de representar 7.9% en junio de 1998 a 16% a diciembre de 1999. Adicionalmente, las pérdidas de las instituciones financieras que tenían bajos niveles de provisiones, dejaron como consecuencia una disminución del capital

⁸ El sistema de bandas cambiarias obligó a la autoridad monetaria a incrementar las tasas de interés de corto plazo buscando repatriar capitales que estaban saliendo de Colombia, para defender el tipo de cambio.

agregado, lo que se traduce en un gran problema de capitalización, ya que varias instituciones requerían ser capitalizadas con grandes sumas para garantizar su funcionamiento dentro del sistema. Se evidenció una reducción generalizada en el indicador de capital de todos los establecimientos de crédito, pero en diferentes proporciones; la disminución fue asimétrica. La mayoría de esas instituciones fueron liquidadas (de manera forzosa⁹ o voluntaria); otras se fusionaron y unas fueron absorbidas por otras instituciones financieras.

La decisión de liquidar a una institución es tomada para proteger a los depositantes y la estabilidad del sistema financiero. Cuando la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) decide liquidar una entidad, esta orden debe ser un acto administrativo inmediato. El representante legal de la institución y el público son informados y la SFC toma el control de la entidad. Posterior a este acto administrativo, FOGAFIN asigna mediante proceso concursal¹⁰ quién es el liquidador, el cual se encargará de liquidar, posterior a la evaluación realizada por FOGAFIN, los activos y pasivos de la entidad (los depósitos y la cartera de la entidad podrán ser cedidos a otra institución financiera, siempre y cuando FOGAFIN y el liquidador consideren viable esta alternativa).

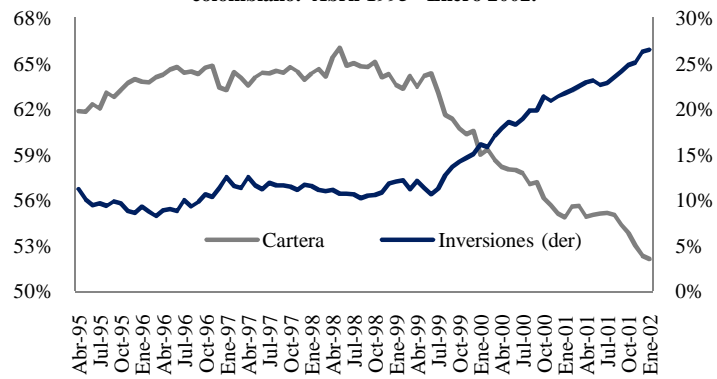
Finalmente, el periodo de la crisis en Colombia disminuyó el tamaño de la intermediación en el país y cambió la composición del activo del sistema financiero. La razón de activos de los intermediarios (valor aproximado como los créditos y las inversiones) en proporción al PIB cayó en 38% en el año 2000. En términos de la composición de los activos, el porcentaje de los créditos de los bancos dentro de los activos cae, dando espacio para la adquisición de más inversiones “seguras”¹¹ (Gráfico 3). Las instituciones financieras comienzan a ser más conservadoras en cuanto a sus políticas o prácticas de originación de préstamos (mayor aversión al riesgo), con el objetivo de mantener niveles más altos de capitalización. Como consecuencia, se observa un aumento de la concentración del sistema financiero, principalmente por las liquidaciones fusiones y adquisiciones que se dieron durante la época.

⁹ Las liquidaciones forzosas son ordenadas por la Superintendencia Financiera de Colombia según el Estatuto Orgánico del Sistema Financiero.

¹⁰ Esta metodología será empleada por FOGAFIN desde el año 2010.

¹¹ En países con mercados de capitales desarrollados incluyen, por ejemplo, títulos emitidos por entidades corporativas AAA, pero en Colombia se puede pensar básicamente en TES.

Gráfico 3. Evolución de la participación en el activo del Sistema Financiero colombiano. Abril 1995 - Enero 2002.



Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia

4. Revisión de literatura

La literatura de la crisis financiera en Colombia se ha concentrado en explicar las causas y consecuencias de ésta, como lo muestran Arias et Al. (1999), Arbelaez et Al. (2003), Parra y Salazar (2000), Uribe y Vargas (2002), Urrutia (1999), Villar et Al.(2005), Carrasquilla y Zárate (2002), Tenjo y López, (2002) y Arbelaez y Echavarría (2003). Los autores han destacado que el ciclo crediticio estuvo liderado por condiciones financieras externas y en menor medida por características propias de la economía local, lo que se materializa en el incremento y posterior caída de los flujos internacionales de capital privado hacia Colombia y de manera más amplia hacia América Latina.

La repentina reversión de los flujos de capital en la economía colombiana durante la crisis de la década de los años 90's no fue un hecho aislado. Varios países de la región experimentaron fenómenos similares al mismo tiempo. Este hecho ha sido estudiado en artículos de carácter empírico que tratan el tema del contagio. Ver, por ejemplo, Edwards (2000), Reinhart y Kaminsky (1996) y Stiglitz (1999), entre otros, los cuales argumenta que el incremento importante en la movilidad del capital que se dio durante la década de los noventa generó un incremento de la vulnerabilidad de los países emergentes ante los ataques especulativos. Otros autores, como Calvo (2000), han señalado que la vulnerabilidad al contagio está estrechamente relacionada con la credibilidad en el sistema de tipo de cambio del país en cuestión.

Adicionalmente, otros autores han analizado la contracción crediticia vista a finales de la década de 1990, como consecuencia de la dinámica lenta y negativa de la actividad económica y productiva en el país (por el lado de la demanda ver Steiner y Aguilar (2002); por el lado de la oferta ver Arias et Al. (1999), Carrasquilla et Al. (2000), Flórez et Al.(2004), Toro y Mejía

(1999), Echeverry y Salazar (1999) y Urrutia (1999)). Finalmente, autores como Barajas et Al. (2001) y Barajas y Steiner (2002), sintetizan en sus trabajos las hipótesis descritas anteriormente, a través de modelos de desequilibrios entre oferta y demanda que determinan el comportamiento del crédito.

Así, en este documento se emplean modelos de duración para caracterizar la probabilidad de quiebra de las instituciones financieras en Colombia, identificando las principales variables asociadas a dicha probabilidad y estima el indicador de capitalización óptima que minimiza la probabilidad de quiebra mencionada en un principio. Lo anterior se hace dado que los modelos de duración han sido tradicionalmente aplicados en economía laboral y también en situaciones de quiebras bancarias.

La literatura sobre modelos de predicción de quiebras bancarias es amplia. Una revisión completa sobre la literatura pionera en el tema se encuentra en Demirguc-Kunt (1989). Varias técnicas estadísticas han sido utilizadas a lo largo del tiempo. Los primeros estudios utilizaron análisis discriminante y el llamado "Z-score", desarrollado por Altman (1968), para separar los bancos entre sólidos y susceptibles a quebrarse. El "Z-score" resulta de la suma ponderada de varias variables financieras propias de los bancos. Las ponderaciones son arbitrarias y el punto de corte de la suma ponderada por debajo del cual se considera que una entidad está en dificultades financieras es arbitrario también. Los primeros estudios que usaron el "Z-score" se realizaron utilizando datos de entidades financieras en Estados Unidos (ver, por ejemplo, Sinkey (1975). Lane (1986) y Whalen (1991), emplearon un análisis de eventos para estudiar la probabilidad de quiebra de bancos en Estados Unidos). West (1985), Thomson (1992), Kolari et al (2002), Mar-Molinero y Serrano-Cinca (2001), Canbas et al (2005), entre otros, utilizaron modelos de regresión logísticos. Otros estudios (Wheelock y Wilson (1995), González-Hermosillo et al (1996), Carree (2003) y Gómez-González y Kiefer (2009)) utilizaron modelos de duración para caracterizar la función de riesgo instantáneo condicional de quiebra de bancos para diferentes países.

Muchos estudios que aplican modelos de duración para explicar el tiempo de quiebra de instituciones financieras usan el modelo semi-paramétrico de riesgo proporcional de Cox (1972), a excepción del trabajo de Carree, quien usa varios modelos paramétricos para explicar las

quiebras bancarias en Rusia. El modelo de riesgo proporcional es el más utilizado, ya que no hace supuestos sobre una forma particular de la distribución de riesgo, y porque estima una función de riesgo de quiebra bancaria que es, en muchos casos no monótona, reduciendo así el número de modelos paramétricos que pueden ser utilizados.

5. Caracterización Modelos de Duración y técnicas de estimación empleadas

Los modelos de duración, conocidos en la literatura como modelos de supervivencia, se concentran tanto en la ocurrencia del evento, como en la influencia de las variables predictoras (constantes o variables en el tiempo)¹² sobre el riesgo de cambiar de estado. Este enfoque dinámico que tiene en cuenta tanto el tiempo como las características de los individuos, considera factores importantes desde el punto de vista de la estimación, que en la literatura tradicional de modelos de probabilidad son considerados errores de especificación, los cuales no permiten tener una aproximación estadísticamente eficiente a las probabilidades por lo cual la ocurrencia de los eventos puede subestimarse o sobreestimarse, afectando la toma de decisiones y la planificación, en este caso, de instituciones financieras. Estos factores pueden resumirse en: censura, tratamiento continuo o discreto, empates y múltiples causas de finalización.

¹² Incluir factores cambiantes puede generar problemas de simultaneidad y autocorrelación.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las ventajas que tienen los modelos de duración, es importante introducir algunos conceptos básicos, los cuales se presentan brevemente a continuación:

En primer lugar, se debe tener en cuenta que la variable de interés que denota duración, desde el punto de vista estadístico, es una variable aleatoria no negativa, por lo cual puede caracterizarse a partir de una función de densidad de probabilidad $f(t)$ y por una función de distribución acumulada $F(t) = P(T \leq t)$, donde la primera hace referencia a la duración determinada de un evento (por ejemplo la probabilidad de quiebra (*default*) en un periodo determinado) mientras que la segunda hace referencia a una duración máxima (por ejemplo la probabilidad de *default* antes de un periodo determinado).

A partir de estas dos funciones pueden construirse dos funciones importantes que denotan supervivencia y riesgo respectivamente. En el primer caso, la idea es capturar la probabilidad de que el individuo dure más de cierto periodo determinado (por ejemplo la probabilidad de que su *default* ocurra después de cierto periodo), lo cual puede capturarse mediante la función de supervivencia $S(t) = 1 - F(t) = P(T \geq t)$. Para el segundo caso, se tiene en cuenta una función de riesgo (más conocida como función *hazard*) que representa la probabilidad instantánea de cambiar de estado, en el sentido que tiene en cuenta la duración del estado activo hasta el periodo de estudio, lo cual puede expresarse como
$$h(t) = P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t) = f(t | T \geq t) = \frac{f(t)}{S(t)}.$$

El interés de los modelos de duración recae sobre la estimación de $S(t)$ y $h(t)$ teniendo en cuenta el conjunto de características observadas para las entidades financieras, para lo cual hay dos conjuntos de metodologías: estimaciones paramétricas y estimaciones no paramétricas. Para la estimación de $S(t)$ la metodología tradicional es la propuesta por Kaplan y Meier (1958) la cual está basada en los estimadores no paramétricos de producto límite (*product limit*), que se ha encontrado como el estimador más eficiente. El estimador de Kaplan-Meier viene dado entonces por:

$$\hat{S}(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } t < \underline{t} \\ \prod_{t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{y_i}\right) & \text{si } t \geq \underline{t} \end{cases}$$

Donde \underline{t} es el periodo en el que se presenta el primer cambio de estado, y_i es el número de individuos con riesgo de cambiar de estado en el momento t_i y d_i es el número de individuos que cambian de estado en el momento t_i . La validez del estimador Kaplan Meier se fundamenta en el supuesto de que los bancos que se retiran de estudio (observaciones censuradas) tienen un comportamiento semejante al de las entidades financieras que permanecen y que el tiempo de duración del cambio de estado no tiene efecto independiente en la respuesta.

A partir de la función de supervivencia, se puede construir la función de riesgo acumulada $\Lambda(t)$ que indica el riesgo acumulado hasta un momento dado, conocido como el estimador Nelson-Aalen que cumple las mismas propiedades del estimador Kaplan-Meier. Este estimador está dado por:

$$\hat{\Lambda}(t) = \begin{cases} 0 & \text{si } t < \underline{t} \\ \sum_{t_i \leq t} \frac{d_i}{y_i} & \text{si } t \geq \underline{t} \end{cases}$$

A partir de $\hat{\Lambda}(t)$, se puede construir la probabilidad instantánea de cambio de estado lo cual puede considerarse un estimador "crudo" de la función de riesgo, que es el estimador no paramétrico más sencillo que puede estimarse, que está dado por:

$$\Delta\hat{\Lambda}(t) = \hat{\Lambda}(t) - \hat{\Lambda}(t-1)$$

Un estimador de la función de riesgo suavizada puede obtenerse haciendo una aproximación a $\Delta\hat{\Lambda}(t)$ utilizando *kernel*s. La estimación de las funciones de riesgo tienen un conjunto de alternativas más amplio usando estimadores tanto paramétricos como no paramétricos: los primeros suponen que la duración tiene una dependencia monótona sobre la probabilidad de cambiar de estado a partir de las distribuciones *weibull*, *exponencial* o *gompertz*, mientras que el segundo grupo de estimaciones considera que la relación entre la duración y la probabilidad de

cambio de estado puede seguir una forma no monótona, lo cual es más general y ofrece ventajas en términos de eficiencia de la estimación respecto al primer grupo.

Del segundo grupo de estimaciones, el modelo pionero es el modelo de Cox (1972) el cual supone que la función de riesgo sigue una forma multiplicativa que permite separar el efecto neto del tiempo sobre la probabilidad (conocida como *baseline hazard*) que captura el riesgo común a todos los agentes en un periodo determinado y el efecto que depende de las características individuales de los agentes el cual se expresa a partir de una función no negativa, que por simplicidad se asume como el exponencial de una función indicador que es la combinación lineal de las características. Así, el modelo de Cox, puede resumirse mediante la función:

$$h(t|\mathbf{x}_i) = h_0(t)e^{\mathbf{x}_i\beta}$$

Donde $h_0(t)$ es la función de riesgo común o *baseline* y $e^{\mathbf{x}_i\beta}$ es la función que define el efecto de las características individuales sobre la probabilidad de cambiar de estado. Este modelo, también conocido como modelo de riesgo proporcional, se usa comúnmente en periodos de tiempo continuos. Una de las ventajas de esta aproximación a la función de riesgo es que cumple el supuesto de independencia de alternativas irrelevantes, dado que la función relativa de riesgo depende solo de las características de los individuos y es constante en el tiempo, de modo que la tasas de riesgo son proporcionales y dadas por:

$$\frac{h(t|\mathbf{x}_i)}{h(t|\mathbf{x}_j)} = e^{(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j)\beta}$$

Luego los coeficientes representan el cambio proporcional en el logaritmo de la función de riesgo que resulta de un cambio marginal en una de las variables explicativa, es decir, es una semielasticidad.

El modelo de Cox flexibiliza la especificación de la función de riesgo, pero tiene cuatro supuestos claves a saber: no existe influencia de las entidades financieras en la estimación del modelo, no existe influencia de las entidades financieras en la estimación de cada parámetro del modelo, se supone inexistencia de heterogeneidad observada (todo tipo de heterogeneidad se recoge en las variables explicativas) y se supone una forma funcional adecuada de cada covariable. Todos estos supuestos pueden ser verificables.

Sin embargo, es posible que el intervalo de tiempo en el cual se presente la información sea de naturaleza discreta debido a que no es posible conocer el momento exacto en el cual la entidad se hace *default*. Prentice y Gloeckler (1978) derivan una versión del modelo de Cox en tiempo discreto obteniendo estimaciones más eficientes para el caso de duración discreta con una función de riesgo de la forma:

$$h(\mathbf{x}_{it}) = 1 - \text{Exp}\{-\text{Exp}(\mathbf{x}'_{it}\beta + \gamma_t)\}$$

Donde γ_t es la función de riesgo base no paramétrica que describe la duración, en este caso se cambia el supuesto de riesgo proporcional por una función aditiva de riesgo que afecta directamente las características de los individuos. Sin embargo, es razonable asumir que \mathbf{x}_{it} no contiene todos los determinantes del riesgo de ocurrencia de un evento; por lo cual, para evitar inconsistencia es pertinente considerar una especificación con heterogeneidad no observable (lo cual relaja el tercer supuesto del modelo de Cox), por ejemplo el nivel de eficiencia particular. Este modelo fue desarrollado por Meyer (1990), quien propone una función de riesgo de la forma:

$$h(\mathbf{x}_{it}) = 1 - \text{Exp}\{-\text{Exp}(\mathbf{x}'_{it}\beta + \gamma_t + \log(\varepsilon_i))\}$$

Donde ε_i es una variable aleatoria que captura la heterogeneidad no observable de los individuos. Si la varianza de ε_i no es significativamente diferente de cero, esto indica que la heterogeneidad de los individuos no afecta la función de riesgo.

Por lo tanto, el objetivo es identificar el potencial efecto no lineal que tiene la variable Capital (CAP) sobre entidades pobre y adecuadamente capitalizadas. Este impacto puede ser modelado a través de diferentes formas funcionales, de las cuales se consideran dos en particular¹³:

- i. $CAP \times I(CAP < CAP^*)$: Modelo (2)
- ii. $CAP^2 \times I(CAP < CAP^*)$: Modelo (3)

¹³ La estimación de estos dos modelos se llevará a cabo en la sección VII y los resultados se resumen en la Tabla 4.

El Modelo 1 hace referencia a la estimación lineal inicial, el cual será resumido en la Tabla 4.

Las formas funcionales descritas anteriormente permiten capturar de dos maneras diferentes el efecto no lineal que el capital tiene sobre la probabilidad de default a través de una función índice, la cual se activa si la variable CAP cumple o no cierta característica.

La función índice se define como:

$$I = \begin{cases} 1 & \text{si } CAP < \underline{CAP^*} \\ 0 & \text{si } CAP > \underline{CAP^*} \end{cases}$$

6. Descripción de los datos de la muestra.

Lo importante en torno al tema regulatorio en la coyuntura actual es la cantidad y calidad del capital. Como se ha dicho anteriormente, el documento se centra en estimar la cantidad *óptima* de capitalización en el que se debe encontrar el capital de los bancos comerciales en Colombia, medido como la razón de patrimonio sobre activos. La calidad del capital se deja de lado para ser trabajado en otros documentos al igual que otras variables relevantes para el ente regulador, con el fin de determinar si se ha cubierto adecuadamente el riesgo por parte de las instituciones financieras.

La periodicidad de la información de balance es mensual, lo que difiere sustancialmente con otros estudios que consideran economías en la que el reporte de información de los establecimientos de crédito es trimestral. Por lo tanto, la muestra es bastante completa, lo que permite identificar con mayor precisión el momento en el que ocurre una quiebra de un establecimiento de crédito, lo que reduce el número de empates potenciales en las duraciones. Esto resulta una gran ventaja, ya que el proceso generador de datos de las quiebras es continuo en el tiempo. Por esta razón, no se espera que haya empates de duración en la vida real.

En junio de 1998 había 119 instituciones en el sistema financiero de Colombia, excluyendo cooperativas financieras y organismos oficiales especiales. De estas 119 instituciones financieras consideradas, 39 corresponden a bancos comerciales (BC), 6 a corporaciones de ahorro y vivienda (CAV's), 18 a corporaciones financieras (CF), 25 a compañías de financiamiento comercial (CFC) y 31 a compañías de financiamiento especializadas en leasing comercial (CFCL). Tres años y medio después el sistema financiero se redujo y el número de instituciones financieras pasó a 55 entidades divididas así: 19 BC, 6 CAV's, 5 CF, 14 CFC y 11 CFCL.

Aunque existen diferencias entre bancos y otras instituciones de créditos (CF, CFC y CFCL) específicamente en la composición de deuda y tamaño de activos, desde el punto de vista práctico ambos tipos de entidades tienen propósitos similares y compiten por la colocación de créditos en la economía y la captación de depósitos. Más adelante en este documento se muestra que las entidades se pueden tratar como un mismo grupo desde el punto de vista estadístico.

Adicionalmente, en el periodo de estudio hubo entidades que, si bien no quebraron, vieron la necesidad de fusionarse o ser adquiridas para “sobrevivir”. Por tanto existen riesgos que compiten con el de default, lo que en principio hace pensar que deberían estimarse por separado estos riesgos¹⁴, pero para poder hacerlo existen las siguientes complicaciones:

- I) No todas las fusiones y/o adquisiciones sucedieron debido a fragilidad financiera de las entidades. Algunas pudieron haber sido por motivos estratégicos de control de mercado de las firmas, y es imposible separar unos de otros.
- II) Las fusiones y/o adquisiciones de entidades débiles pueden atribuirse a entidades que no estaban tan mal como para quebrar o tan bien para continuar con su operación de manera individual.

Por lo tanto, dadas las bondades de los modelos de duración, esta información se toma como datos censurados.

El periodo considerado es de 43 meses entre junio de 1998, donde comienza la crisis, y diciembre de 2001 momento en el que el sistema financiero comienza a recuperarse. Teniendo en cuenta que las razones que considera el indicador CAMEL¹⁵ son muy importantes en la estabilidad de una institución financiera, éstas son tenidas en cuenta. Adicionalmente se construyen dos indicadores más, referentes al apalancamiento y tamaño de las entidades, las cuales tienen efectos sobre el tiempo que demora en quebrarse una entidad ante un choque económico adverso. Estos indicadores se describen a continuación:

¹⁴ Ver García-Suaza y Gómez-González (2010).

¹⁵ El indicador CAMEL consiste en una calificación otorgada a cada una de las instituciones financieras según la calidad de cinco razones financieras: Capital, Activos (Assets), Gestión (Management), Rentabilidad (Earnings) y Liquidez (Liquidity).

- Capitalización (CAP): patrimonio/activos.
- Calidad del activo (A): cartera vencida total / activo total.
- Eficiencia de Administración (M): gastos operacionales / pasivos.
- Rentabilidad del activo – ROA (E): utilidades anualizadas¹⁶ / activo promedio anual.
- Liquidez (L): Activos corrientes/Pasivos corrientes.
- Apalancamiento (LEV): pasivos / patrimonio
- Tamaño (SIZE): ln(activo).

Los datos utilizados para construir las variables enunciadas anteriormente son tomados de los balances que las instituciones financieras reportan a la Superintendencia Financiera.

Una primera aproximación al análisis de los perfiles de riesgo de quiebra entre bancos y el resto de las instituciones financieras consideradas, consiste en analizar las diferencias en las variables de salud financiera existentes entre ambos tipos de entidades. Por tanto se analizan algunas estadísticas descriptivas presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las variables determinantes en la probabilidad de quiebra.

(Variables en porcentajes, exceptuando la variable tamaño)

Variable	Bancos					No bancos					Total				
	Percentil			Media	Desvest	Percentil			Media	Desvest	Percentil			Media	Desvest
	25	50	75			25	50	75			25	50	75		
CAP	10.59	13.05	16.08	14.73	15.55	13.19	17.96	26.84	23.67	17.99	11.87	15.2	24.3	20.8	17.7
Calidad cartera	2.52	3.68	5.83	4.46	3.25	1.15	4.07	7.17	4.94	4.98	1.47	3.8	6.5	4.8	4.5
Apalancamiento	514.18	663.74	788.80	685.56	314.41	277.81	459.32	658.06	486.68	277.46	310.76	549.2	695.9	548.0	302.3
Eficiencia	13.08	15.34	18.03	29.53	87.00	17.27	20.16	26.07	23.19	14.39	15.23	18.5	22.6	25.3	50.8
ROA	-1.20	0.03	0.61	-0.85	2.80	-1.30	-0.40	0.40	-0.85	2.23	-1.30	-0.32	0.43	-0.85	2.42
Liquidez	31.59	43.06	67.29	268.77	1280.70	23.82	239.34	624.85	608.79	1013.37	30.86	68.0	394.0	488.8	1120.7
Tamaño*	19.7	20.5	21.3	20.4315	1.16954	17.3	18.2	19.0	18.3	1.3	17.74	18.8	20.0	19.0	1.6

* Logaritmo natural del valor del activo

Los datos anteriores permiten observar que la variable de CAP presenta un rango intercuartílico diferente entre bancos y no bancos, indicando mayores dispersiones en el segundo tipo de entidades. Este comportamiento puede estar asociado a los requisitos regulatorios en torno al nivel de capital que deben tener las instituciones financieras para poder llevar a cabo sus

¹⁶ La manera de anualizar las cuantías del estado de pérdidas y ganancias es la siguiente:

$$variable_t^{mes\ i} + variable_{t-1}^{diciembre} - variable_{t-1}^{mes\ i}.$$

operaciones según su naturaleza. Adicionalmente, las instituciones financieras diferentes de bancos aparecen mejor capitalizados que los bancos, con mayor deterioro en la calidad de su cartera, iguales rentabilidades, más eficientes y menos apalancadas.

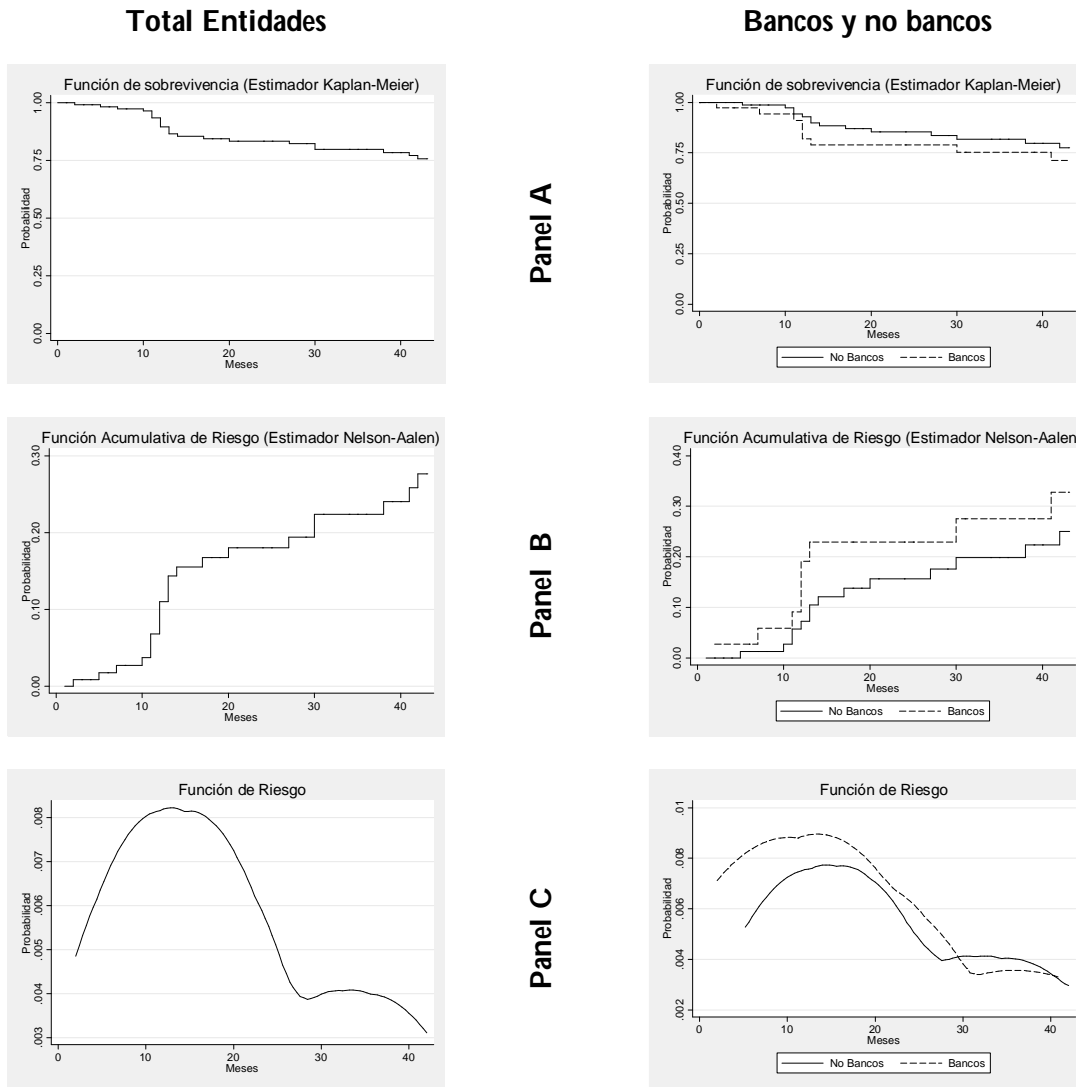
La descripción anterior sugiere que los dos grupos de entidades presentan diferencias en su estructura microfinanciera, por lo que se hace necesario probar estadísticamente si las funciones de sobrevivencias son iguales o no.

En esta etapa del análisis es necesario probar si los perfiles de riesgo son potencialmente diferentes para bancos y el resto de instituciones consideradas. En primera instancia, se estima la función de sobrevivencia no condicional (*survival function*), utilizando el estimador no paramétrico Kaplan Meier (1959) y a partir de allí se estima la función de riesgo asociada dada por el estimador Nelson-Aalen (1962). Finalmente, se estima la función instantánea de riesgo (*hazard function*) suavizada por un kernel tipo Epanechnikov. Lo anterior se lleva a cabo para el total de las entidades y posteriormente para el grupo de bancos y no bancos separadamente, con el objetivo de visualizar si el comportamiento de éstas es similar o no (Figura 1).

Al observar la función de sobrevivencia para el total de la muestra en el periodo de referencia, se puede concluir que 24.4% de las entidades se liquidaron; al dividir la muestra en bancos y no bancos, esta probabilidad es 28.7% y 22.4% respectivamente, lo que indicaría una mayor probabilidad de quiebra para las entidades financieras clasificadas como bancos en comparación con las no bancos.

Por su parte la función de quiebra instantánea para el total de entidades muestra un comportamiento no monótono con un máximo en la probabilidad de quiebra alrededor del período 15 luego del choque macroeconómico. Diferenciando por tipo de entidad (bancos y no bancos) se observa que al iniciar el periodo de crisis, las entidades financieras clasificadas como bancos presentan una mayor probabilidad instantánea de quiebra, pero el comportamiento de la función de riesgo para ambos tipos de entidades es similar si se toma como referencia todo el periodo muestral.

Figura 1. Función de riesgo y supervivencia



Fuente: Superfinanciera y estimaciones del autor

Para garantizar que se puede llevar a cabo un modelo conjunto para ambos tipos de entidades en el cual se estime la probabilidad de quiebra de éstas, es necesario verificar a través de pruebas de hipótesis la igualdad de las funciones de supervivencia, considerando tres pruebas de hipótesis (Log-rang, Wilcoxon y Cox), en las cuales H_0 se define como: igualdad en la función de supervivencia de bancos y no bancos (Tabla 3).

Tabla 3. Pruebas de igualdad de función de sobrevivencia

Pruebas	Log Rank	Wilcoxon	Cox
chi2(2)	0.69	1.03	0.65
Pr > chi2	0.4071	0.3113	0.4194

A partir de éstas pruebas se puede concluir que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar igualdad de las funciones de sobrevivencia, y por tanto las funciones de riesgo asociadas a éstas tampoco se consideran diferentes entre sí estatísticamente hablando. De esta manera el modelo a estimar contemplará el total de la muestra como un grupo homogéneo para encontrar los determinantes de la probabilidad de quiebra y por tanto el capital *óptimo* que minimice la misma.

7. Resultados de la estimación.

Por la característica de los datos utilizados (continuos que se recogen en tiempo discreto, con un rango finito que indica el número de periodos antes de cambiar de estado) se emplean los modelos de duración, los cuales utilizan funciones de riesgo en lugar de funciones de densidad para determinar la distribución de las observaciones, así como la función de verosimilitud (el método se explica en Kiefer (1988) y Lancaster (1990)).

El modelo de duración se estima mediante la técnica de máxima verosimilitud parcial (Cox (1972)), lo que permite llevar a cabo una estimación semi-paramétrica, ya que las especificaciones paramétricas no son suficientes y no proveen soluciones satisfactorias cuando se tienen formas no monótonas para la función de riesgo. La diferencia entre máxima verosimilitud y máxima verosimilitud parcial, radica en que en la última el aporte del individuo a la función de verosimilitud corresponde a su aporte marginal respecto al grupo de individuos que no han cambiado de estado.

Esta aproximación generaliza los resultados de modelos de respuesta binaria (logit y probit), modelando no sólo las situaciones de quiebra sino también el tiempo que transcurre para que esto suceda, lo que permite tener mejores medidas del efecto de diferentes variables en la probabilidad de quiebra de una entidad financiera. Así, los modelos de duración pueden proveer respuestas de suma importancia para las instituciones financieras, para el ente supervisor y para el ente asegurador, en torno a las siguientes preguntas:

- a. ¿Cuál es la probabilidad de que después de un choque negativo en la economía, de que una entidad financiera quiebre después de N meses, dado que ha permanecido "viva" hasta el momento?
- b. ¿Cuál es el tiempo previsto de quiebra para una entidad con ciertas características?
- c. ¿Cuál debe ser el indicador óptimo de capitalización para minimizar la probabilidad de quiebra del sistema financiero, después de un choque negativo en la economía y que a la vez garantice la ausencia de capital ocioso en el balance de las entidades financieras?

La respuesta a las anteriores preguntas tiene un gran impacto en la regulación financiera colombiana. Un modelo capaz de contestar estas preguntas, puede ser bastante útil como un modelo de alerta temprana para identificar vulnerabilidades del sistema financiero y podría ser utilizado por supervisores y otras instituciones de la red de seguridad financiera¹⁷.

Para la estimación del modelo estadístico se parte de dos conclusiones importante obtenidas en el análisis desarrollado en la Sección VI: en primer lugar, las funciones no condicionales de riesgo de quiebra para los dos tipos de instituciones (bancos y no bancos) son estadísticamente idénticas; y en segundo lugar, estas entidades presentan en algunos de sus indicadores de salud financiera diferencias importantes que podrían afectar la probabilidad de quiebra. Por lo tanto, con el fin de dar evidencia estadística sobre los determinantes de quiebra para las entidades financieras, se estiman modelos de sobrevivencia agrupando todas las entidades antes mencionadas y controlando por las variables microfinancieras antes descritas.

Dado que el objetivo es buscar un nivel óptimo de capital del cual sería costoso desviarse, puesto que se incrementaría la probabilidad de quiebra de una institución financiera o el capital ocioso, los modelos aquí estimados se concentran en la inclusión de formas no lineales del capital que permitan evaluar estadísticamente la existencia de dicho nivel óptimo. Vale la pena anotar que se estiman modelos tipo Cox (1972) en lugar de modelos paramétricos teniendo en cuenta que la función instantánea de riesgo presenta un comportamiento no monótono.

En primer lugar se estima un modelo que servirá como punto de comparación respecto a las posibles no linealidades de la variable CAP (ver Tabla 4). Este primer modelo incluye todas las variables de control antes propuestas, las cuales han sido ampliamente argumentadas en la literatura. En el Modelo (1), en el cual los coeficientes presentan los signos adecuados y son globalmente significativos, se puede observar que aumentos en los niveles de capitalización, aumento en el tamaño de las entidades e incrementos en la rentabilidad del activo disminuyen la probabilidad instantánea de quiebra de las entidades financieras; mientras que variables como la

¹⁷ La red de seguridad financiera en Colombia está conformada por el Banco de la República, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, la Superintendencia Financiera de Colombia y El Fondo de garantías de Instituciones Financieras – FOGAFIN.

calidad de cartera, el apalancamiento y la liquidez parecen no tener incidencia directa sobre este evento.

Estos resultados se encuentran en línea con los signos esperados para los coeficientes asociados a cada una de las variables, dado que entidades mejor capitalizadas, disminuyen la probabilidad de entrar en grado de insolvencia; aquellas de mayor tamaño por lo general cuentan con los clientes más representativos del sistema, los cuales monitorean de manera cautelosa la salud financiera de la entidad en cuestión, incentivándolas a mantener indicadores financieros saludables que permitan que su operación no se vea comprometida¹⁸; finalmente, mejores niveles de rentabilidad del activo indican un adecuado desempeño de las entidades, lo que por lo general disminuye la probabilidad quiebra.

Teniendo como referencia los resultados anteriores, se incluyen algunas formas no lineales sencillas para el capital, las cuales se pueden explicar intuitivamente como la existencia de un valor de capital para el cual una desviación de este acelera la probabilidad de quiebra y que al mismo tiempo sirve como referencia para la disciplina financiera de las entidades. Por tanto, en una primera aproximación a la existencia de este valor óptimo, se toma como referencia la mediana de capital de las entidades que entran en quiebra dado que reflejan de una manera más adecuada el grado de deterioro del nivel de capitalización en la muestra en relación al tiempo que toman en cambiar de estado.

Para generar la no linealidad, se construye una función índice que se activa para las entidades cuyo valor de CAP está por debajo de la mediana de las entidades que quebraron durante el periodo de referencia. En este sentido, la inclusión de una interacción entre esta variable y la asociada a la variable CAP, indicaría el efecto adicional sobre la probabilidad de quiebra que tiene una entidad con bajos niveles de capitalización respecto a un punto de referencia (en este caso la mediana). De aquí, se espera obtener un coeficiente negativo y significativo, el cual permite argumentar que una inyección de capital tiene mayor efecto en disminuir la probabilidad de quiebra de entidades pobremente capitalizadas con respecto a aquellas entidades con altos niveles de capitalización (es decir, se espera que aumentos en la solvencia tengan un

¹⁸ El tamaño de las entidades también puede estar correlacionado con la edad de la firma, posibilidades de diversificación de la misma y posibles economías de escala (ver Gómez-González y Kiefer (2009)).

impacto negativo decreciente sobre la función de riesgo instantáneo de las entidades financieras); así mismo permitiría estimar en cuánto se acelera la probabilidad de quiebra de una entidad que estando por debajo de un valor limítrofe sufre una descapitalización.

Ahora, es posible argumentar que para entidades pobremente capitalizadas, la probabilidad de no ser liquidadas aumenta a una tasa creciente en la medida que sus indicadores de capital se acercan a un valor óptimo. Por ello, se prueba con una forma no lineal en la que por debajo del valor límite, la variable CAP crece a una tasa lineal y no constante, como en el caso anterior. Los resultados de ambos tipos de no linealidad se presentan en los Modelos (2) y (3), respectivamente. Como en el caso del Modelo (1), los coeficientes presentan los signos adecuados y son globalmente significativos; y en ambos casos, se apoya estadísticamente la existencia del efecto no lineal de la variable CAP sobre la probabilidad de quiebra.

Tabla 4. Modelos de sobrevivencia tipo Cox (determinantes de la probabilidad de quiebra bancaria)

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Capital	-10.951** (5.331)	-11.779** (5.603)	-12.265** (6.064)	-12.626** (6.234)	-13.201* (6.859)
Capital*I(Capital < P50(Capital))		-2.655** (1.303)			
Capital²*I(Capital < P50(Capital))			-27.130*** (10.312)		
Capital*I(Capital < Capital*)				-3.606*** (0.992)	
Capital²*I(Capital < Capital*)					-32.793*** -4.198
Calidad de cartera	1.671 (6.589)	2.265 (6.246)	2.426 (6.124)	2.342 (5.969)	2.437 (5.847)
Log(Tamaño)	-0.670*** (0.087)	-0.656*** (0.100)	-0.650*** (0.106)	-0.641*** (0.094)	-0.634*** (0.098)
Apalancamiento	0.026 (0.045)	0.038 (0.063)	0.028 (0.063)	0.028 (0.075)	0.010 (0.081)
Eficiencia	-11.638*** (3.181)	-11.009*** (3.815)	-10.846*** (4.094)	-11.285*** (3.294)	-11.275*** (3.225)
Rentabilidad del activo	-44.071*** (9.034)	-44.084*** (9.903)	-44.305*** (10.245)	-45.664*** (11.008)	-46.198*** (11.823)
Liquidez	-0.010 (0.017)	-0.011 (0.017)	-0.012 (0.018)	-0.012 (0.017)	-0.012 (0.017)
Observaciones	99	99	99	99	99
Pseudo R²	0.149	0.151	0.152	0.152	0.153
AIC	156.78	156.53	156.34	156.27	156.05
BIC	161.97	161.72	161.53	161.46	161.24
LL	-76.39	-76.26	-76.17	-76.14	-76.02

Errores estándar en paréntesis. ***significativo al 1%, ** significativo al 5%, * significativo al 10%.

Es importante indicar que los modelos anteriores fueron estimados a partir de un valor límite seleccionado con criterio estadístico pero arbitrario desde el punto de vista de la estructura microfinanciera de la entidades y del resto de variables. Teniendo en cuenta la interpretación dada a los coeficientes asociados a la interacción entre la variable CAP y la función índice activa

para las entidades pobremente capitalizadas, podría pensarse que el valor límite *óptimo* que discipline las entidades financieras, es aquel para el cual una entidad pobremente capitalizada que aumente marginalmente su indicador de capital maximiza la probabilidad de no ser liquidada.

Para ello se estiman modelos similares a los Modelos (2) y (3)¹⁹ imponiendo como valores de *umbral* todos los posibles valores entre 8% y 16%²⁰ y se define como capital óptimo aquel valor para el cual una entidad pobremente capitalizada maximiza su probabilidad de no ser liquidada en función de la no linealidad empleada. Es decir, para el caso de la no linealidad impuesta con una interacción entre la función índice y la variable CAP, se elige como valor óptimo aquel umbral para el cual la suma de los coeficientes CAP y $CAP \times I(CAP < CAP^*)$ es máximo, mientras que para la no linealidad generada como $CAP^2 \times I(CAP < CAP^*)$ se toma como valor máximo aquel valor de capital que maximiza el efecto marginal de CAP.

Los resultados de este proceso corresponden a los Modelos (4) y (5) de la Tabla 4, en los cuales se puede observar que los signos, magnitudes y significancia se mantienen respecto a los modelos iniciales, lo cual prueba la robustez de las variables de control determinadas. Adicionalmente, los modelos aquí presentados corresponden a la iteración en la cual el valor umbral para CAP* es 13.7% en ambos modelos.

¹⁹ Se estiman 1000 modelos tipo Cox, variando el valor del umbral para la variable CAP (*rolling*).

²⁰ Se establece este intervalo de valores teniendo en cuenta que entidades por debajo de 8% entrarían inmediatamente en estado de insolvencia y aquellas con valores excesivamente altos podrían tener capital ocioso en su hoja de balance.

8. Conclusiones

La capitalización juega un papel muy importante para las instituciones financieras en cuanto a la estabilidad y calidad de sus estados financieros. Así mismo, es determinante en momentos de tensión financiera en una economía, por lo que se constituye como una variable de suma importancia para explicar las quiebras bancarias. No obstante, existen otras variables relevantes al momento de evaluar si una entidad financiera se encuentra cubriendo o no su exposición al riesgo de manera adecuada y por tanto que también influyen de manera significativa en la probabilidad de quiebra de las instituciones financieras. Por ejemplo, la composición del activo es una de ellas y por tanto las provisiones en cada caso. Adicionalmente, algunos estudios recientes han mostrado que los niveles de capital óptimo de las instituciones bancarias pueden variar a lo largo del ciclo económico (ver por ejemplo García-Suaza, Gomez-Gonzalez, Murcia y Tenjo-Galarza, 2011). Sin embargo, a lo largo del documento se supone un escenario en el cual ante aumentos en el capital, ceteris paribus, la probabilidad de quiebra de las instituciones financieras disminuye.

Teniendo en cuenta la crisis financiera de los años 90's, se puede decir que para el caso de Colombia la probabilidad de quiebra de una entidad financiera, ante un choque negativo, aumenta considerablemente durante los primeros quince periodos llegando a niveles cercanos del 20%. Adicionalmente, se encontró que incrementos en las variables como capital, tamaño y rentabilidad reducen la probabilidad de quiebra de las entidades financieras, por tanto se ratifican como variables a las cuales es necesario continuar haciendo seguimiento dentro de modelos de alerta temprana.

El nivel de capitalización óptimo para la economía colombiana, medido como patrimonio sobre activo, se encuentra alrededor de 13.7%. Teniendo en cuenta que este indicador no considera la ponderación por riesgo sugerida en Basilea II y III, no es comparable con el mínimo regulatorio del 8% que allí exigen o con el 9% que aplica actualmente para las instituciones financieras

colombiana. Sin embargo, este resultado sirve como indicador de alerta temprana y permite que en futuras investigaciones se emplee la metodología aquí descrita con el fin de obtener resultados más robustos al incorporar la ponderación por riesgo sugerida.

Una extensión importante a este trabajo consiste en estudiar el posible comportamiento contracíclico de la relación de solvencia de las entidades de crédito. Es decir, buscar evidencia estadística del comportamiento diferencial frente al riesgo de las entidades financieras. De encontrarse que la relación de solvencia varía de forma opuesta al ciclo económico, se encontraría justificación para políticas adicionales de estabilidad financiera, como medidas macroprudenciales.

Bibliografía

Altman, E.I. (1968): "Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy", *Journal of Finance* 23, 589-609.

Arias, A.; A. Carrasquilla, and A. Galindo (1999): *.Credit Crunch: a Liquidity Channel.*, mimeo Banco de la República.

Arbeláez, María Angélica y Juan José Echavarría (2003) "Crédit, Financial Liberalization and Manufacturing Investment in Colombia", en Arturo Galindo and Fabio Schiantarelli (eds.), *Credit Constraints and Investment in Latin America*, Inter- American Development Bank, Washington, pp. 117-150.

Arbeláez, María Angélica y Sandra Zuluaga (2002), "Impuestos Implícitos y Explícitos al Sector Financiero Colombiano: 1995-2001", en ANIF (ed.), *El Sector Financiero de Cara al Siglo XXI*, Tomo I, Asociación Nacional de Instituciones Financieras, Bogotá, pp. 257-344.

Barajas, Adolfo; López, Enrique y Oliveros, Hugo (2001). "¿Por qué en Colombia el crédito es tan reducido?", *Borradores de Economía*, No.185, Banco de la República, Bogotá.

Barajas, Adolfo y Robert Steiner (2002), "Credit Stagnation in Latin America", IMF Working Paper, No. 02/53, International Monetary Fund, Washington.

Basel Committee on Banking Supervision (2004): *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework*, Bank for International Settlements.

Basel Committee on Banking Supervision (2011): *The New Framework for Banking Supervision*, Bank for International Settlements.

Basel Committee on Banking Supervision (2011): *Basel III and beyond*, Bank for International Settlements.

Basel Committee on Banking Supervision (2010): *A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems*, Bank for International Settlements.

Canbas S., A. Cabuk, and S.B. Kilic (2005): "Prediction of commercial bank failure via multivariate statistical analysis of financial structures: The Turkish case", *European Journal of Operational Research* 166, 528-546.

Calvo, G. (2000): "Capital markets and the exchange rate with special reference to the dollarization debate in Latin America", mimeo, University of Maryland.

Carrasquilla, Alberto; Galindo, Arturo y Vasquez, Diego. (2000) "El Gran Apretón Crediticio en Colombia: Una Interpretación", Coyuntura Económica, Vol. XXX, No.1. Fedesarrollo, Bogotá, pp. 107-115.

Carrasquilla, Alberto y Zárate, Juan Pablo (2002), "Regulación Bancaria y Tensión financiera:1998-2001", en ANIF (ed.), El Sector Financiero de Cara al Siglo XXI, Tomo I, Asociación Nacional de Instituciones Financieras, Bogotá, pp. 215-230.

Carree, M.A. (2003): "A hazard rate analysis of Russian commercial banks in the period 1994-1997", Economic Systems 27, 255-269.

Demirguc-Kunt, A. (1989): "Deposit institution failures: a review of empirical literature", Federal Reserve Bank of Cleveland Economic Review, 4th quarter, 2-18.

Echeverry, Juan Carlos y Salazar, Natalia (1999), "¿Hay un estancamiento en la oferta de crédito?" Archivos de Macroeconomía, Documento No. 118. Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.

Edwards, S. (2000): "Contagion", mimeo, NBER.

Flórez, Luz Adriana, Carlos Esteban Posada y José Fernando Escobar (2004), "El Crédito y sus Factores Determinantes: El Caso Colombiano 1990-2004", Borradores de Economía, No.311, Banco de la República, Bogotá.

Andrés Felipe García-Suaza & José E. Gómez-González & Andrés Murcia Pabón & Fernando Tenjo-Galarza (2011), "The Cyclical Behavior of Bank Capital Buffers in an Emerging Economy: Size Do Matters", Borradores de Economía, No.650, Banco de la República, Bogotá.

Gómez-González, J.E. and N.M. Kiefer (2009): "Bank failure: evidence from the Colombian financial crisis", International Journal of Business and Finance Research 3, 15-32.

Gómez-González, J.E. and García-Suaza, A. (2010): "The Competing Risks of Acquiring and Being Acquired: Evidence from Colombia's Financial Sector", Economic Systems 34, 437-449.

Gonzalez-Hermosillo, B., C. Pazarbasioglu, and R. Billings (1996): "Banking system fragility: likelihood versus timing of failure: an application to the Mexican financial

crisis", IMF Working Paper.

Himino, Ryozo (2009). "A Counter Cyclical Basel II". Risk.Net. Marzo. pp. 72 – 74.

Jensen, M. and Mecklin, W (1976): "Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure", Journal of Financial Economics, Vol.4 N° 4.

Kolari, J., D. Glennon, H. Shin, and M. Caputo (2002). "Predicting large U.S.commercial bank failures", Journal of Economics and Business 54, 361-387.

Lane, W.R., S. Looney, and J. Wansley (1986): "An application of the Cox proportional hazards model to bank failure". Journal of Banking and Finance 10, 511-531.

Mar-Molineiro, C. and C. Serrano-Cinca (2001): "Bank failure: a multidimensional scaling approach", European Journal of Finance 7, 165-183.

Sinkey, J. (1975): "A multivariate statistical analysis of the characteristics of problem banks", Journal of Finance 30, 21-36.

Steiner, Roberto y Camila Aguilar (2002), "Márgenes de Intermediación y Contracción del Crédito en Colombia", en Miguel Sebastián (ed.), Ensayos sobre Colombia y América Latina, Libro en Memoria de Nicolás Botero, Servicio de Estudios del Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA), Madrid, pp. 139-156.

Stiglitz, J.E. (1999): "Bleak growth prospects for the developing world", International Herald Tribune, April 10-11, P. 6.

Tenjo, Fernando y López Enrique (2002) "Burbuja y Estancamiento del Crédito en Colombia", Revista del Banco de la República, Vol. LXXV, No. 898, pp. 26-73, agosto. También publicado en Coyuntura Económica, Vol. XXXII, No. 2, julio-diciembre.

Villar, L.; D. Salamanca and A. Murcia (2005): ".Credito, Represion Financiera y Flujos de Capitales en Colombia.", Borradores de Economía Banrep, 322.

Wellink, Noul (2008). "The importance of banking supervision in financial stability", BIS website, Basilea.

West, R.C. (1985): "A factor-analytic approach to bank condition", Journal of Banking and Finance 9,253-266.

Whalen, G. (1991): "A proportional hazards model of bank failure: an examination of its usefulness as an early warning tool", *Economic Review* 27, 21-30.

Wheelock, D. and P. Wilson (2000): "Why do banks disappear? The determinants of U.S. bank failures and acquisitions", *The Review of Economics and Statistics* 82, 127- 138.