



COMISIÓN
PARA EL MERCADO
FINANCIERO

Documento de Trabajo

Documento de Trabajo N°06/20

Metodología para estimar el efecto de los nuevos estándares de capital en la probabilidad de crisis bancaria sistémica en Chile

Diego Beas Lagos

Julio 2020

www.cmfchile.cl

Metodología para estimar el efecto de los nuevos estándares de capital en la probabilidad de crisis bancaria sistémica en Chile

Diego Beas Lago

The Working Papers series is a publication of the Financial Market Commission (CMF), whose purpose is to disseminate preliminary research in the finance area for discussion and comments. These works are carried out by professionals of the institution or entrusted by it to third parties.

The objective of the series is to contribute to the discussion and analysis of relevant topics for financial stability and related regulations. Although the Working Papers have the editorial revision of the CMF, the analysis and conclusions contained therein are the sole responsibility of the authors.

La serie de Documentos de Trabajo es una publicación de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF), cuyo objetivo es divulgar trabajos de investigación de carácter preliminar en el área financiera, para su discusión y comentarios. Estos trabajos son realizados por profesionales de esta institución o encargados por ella a terceros.

El objetivo de la serie es aportar a la discusión y análisis de temas relevantes para la estabilidad financiera y normativas relacionadas. Si bien los Documentos de Trabajo cuentan con la revisión editorial de la CMF, los análisis y conclusiones en ellos contenidos son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Metodología para estimar el efecto de los nuevos estándares de capital en la probabilidad de crisis bancaria sistémica en Chile*

Diego Beas Lagos¹

Julio 2020

ABSTRACT

Systemic banking crises are events that, despite having a low probability of occurrence, have great effects in economic and social terms. To avoid their occurrence, new regulatory standards have been introduced at international level, with the Basel III agreement being the most recent. Chile has followed the same path, introducing these standards in the reform to the General Banking Law in 2019.

This work contributes to the estimation of the impact of greater capital requirements in our country. It presents a methodology to measure the effect on the probability of a systemic banking crisis by including higher levels of capital, which is part of the benefits associated with the reform. When considering the most stable target capital scenario over time, the results show that higher capital requirements reduce the probability of systemic crisis by 0.85 percentage points. As the cost of some banking crises has been estimated at around 100% of GDP, this would mean a gross profit of close to 1% of GDP. Moreover, there are positive impacts of all the capital tools introduced in the Law, as well as our results are robust to different parameter calibrations. These findings demonstrate that the adoption of Basel III significantly improves the resilience of the Chilean banking system to events of financial stress.

RESUMEN

Las crisis bancarias sistémicas son eventos que, a pesar de tener una baja probabilidad de ocurrencia, tienen grandes efectos en términos económicos y sociales. Para evitar su ocurrencia, se han introducido a nivel internacional nuevos estándares de regulación, siendo el acuerdo de Basilea III el más reciente, que incluye mayores exigencias de capital. Chile ha seguido el mismo camino, introduciendo estos estándares en la reforma a la Ley General de Bancos del año 2019.

Este trabajo contribuye a la estimación de impacto de los mayores requerimientos de capital en nuestro país. En particular, presenta una metodología para medir el efecto sobre la probabilidad de crisis bancaria sistémica de mayores niveles de capital, que es parte de los beneficios asociados a la reforma. Al considerar el escenario de capital objetivo más estable en el tiempo, los resultados muestran que los mayores requerimientos reducen la probabilidad de crisis sistémica en 0,85 puntos porcentuales. Considerando que el costo de algunas crisis bancarias se ha estimado en torno al 100% del PIB, esto significaría un beneficio bruto cercano a 1% del PIB. A su vez, se encuentran impactos positivos de todas las herramientas de capital introducidas en la Ley, así como robustez de los resultados ante distintas calibraciones. Estos hallazgos demuestran que la adopción de Basilea III, mejora significativamente la resiliencia del sistema bancario chileno ante eventos de tensión financiera.

* / Las opiniones emitidas en este trabajo, errores y omisiones, son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la visión de la institución. Se agradecen los comentarios, consejos y sugerencias de Carlos Pulgar, Gabriela Aguilera, Gabriela Covarrubias, Jaime Forteza, Cristián Rojas, Alberto Sepúlveda, Carlos Alvarado, Alfredo Pistelli Nancy Silva, Luis Figueroa, así como también los de otros participantes en seminarios internos.

1/ Unidad de Investigación, Dirección de Estudios, CMF, dbeas@cmfchile.cl

I. Introducción

Como sugiere la evidencia presentada por Leaven et al. (2018), las crisis bancarias sistémicas no son un evento aislado. En un periodo de 47 años, entre 1970 y 2017, los autores detectan 151 episodios de crisis bancarias. Los costos directos de estos eventos son elevados, con un valor mayor en países de ingresos medios-bajos, donde también existe un menor espacio para que la política monetaria y fiscal pueda mitigar los efectos de las crisis en la economía real. Adicionalmente, el efecto en la pérdida de expansión económica, con respecto a su valor potencial, es notable, particularmente en países grandes, con impactos directos y profundos en el bienestar de la población. Por lo anterior, se han realizado grandes esfuerzos en incorporar herramientas prudenciales para prevenir la ocurrencia de estos eventos, así como en aminorar su potencial impacto.

En el caso de Chile, la crisis de principios de los ochenta significó la intervención de 16 instituciones financieras por parte de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF). De acuerdo con Sanhueza (1999), el costo total de sanear el sistema financiero de la crisis bancaria chilena fue equivalente a 35% del PIB. Este monto incluye costos asociados a la transferencia de recursos desde el Banco Central de Chile (BCCh) y otras entidades de gobierno para la liquidación de entidades, lo que habría representado alrededor de 10% del PIB. En términos macroeconómicos, la actividad mostró un retroceso en torno al 13% en el año 1982², mientras que la tasa de desempleo anotó un máximo de 21% en 1983².

A nivel internacional, la última crisis bancaria sistémica se remonta a lo acontecido en el año 2008, con la crisis *sub-prime* de Estados Unidos (USA, por sus siglas en inglés). A raíz de ésta, el gobierno debió intervenir con grandes cantidades de dinero para evitar la caída de instituciones financieras, mientras que la economía se contrajo un 3%² el 2009 y la tasa de desempleo llegó a un 9%² a finales de ese mismo año, duplicando los valores previos a la crisis. Considerando la importancia de la economía de USA y la alta interdependencia entre las economías a nivel global, los efectos de la crisis se propagaron al resto del mundo generando, por ejemplo, un aumento del desempleo en nuestro país que llegó a una tasa en torno a 11%² en el año 2009³, superior en 3,5 puntos porcentuales a la tasa registrada en diciembre del año anterior.

Considerando el devastador efecto que pueden llegar a tener las crisis bancarias por su posterior efecto en la economía real y bienestar de la población, los estándares de regulación y supervisión han avanzado en generar pautas para brindar mayor fortaleza y sostenibilidad al funcionamiento del sistema bancario. Es así como en respuesta a la última crisis financiera, el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS, por sus siglas en inglés) elaboró un nuevo marco normativo de regulación, el cual considera cambios y nuevas definiciones en diversos ámbitos. Entre estos aspectos destaca una nueva definición de los elementos que constituyen el capital regulatorio de los bancos, eliminando elementos de bajo valor en condiciones de estrés financiero. Se suma a lo anterior, requisitos de liquidez, requisitos adicionales de capital, una nueva definición de los activos ponderados por riesgo de crédito, nuevas definiciones a los cargos de capital por riesgo de mercado y operacional, la introducción de colchones de capital para absorber pérdidas, entre otros. Estas

² Datos obtenidos desde la base de datos WEO del Fondo Monetario Internacional.

³ Si bien la última crisis financiera produjo efectos en la economía real, no tuvo consecuencias en la estabilidad del sistema bancario local.

definiciones son conocidas como los acuerdos de Basilea III, donde la última versión consolidada fue publicada el pasado diciembre de 2019⁴.

Chile no ha quedado ajeno al proceso anterior. En enero de 2019 se publicó la Ley N°21.130 que moderniza la legislación bancaria (Ley General de Bancos, LGB), introduciendo cambios acordes a los estándares de Basilea III. A su vez, la Ley N°21.000 creó la Comisión para el Mercado Financiero (CMF), institución que es la encargada de establecer el cuerpo normativo para operacionalizar el funcionamiento y supervisión de los nuevos requisitos establecidos en la LGB. Corresponde a la CMF emitir las nuevas normas a diciembre de 2020, la mayoría de las cuales considera una implementación gradual de sus requerimientos. A nivel internacional, la aplicación total de los nuevos requisitos se encuentra en su fase final para los países miembros del BCBS, mientras que las economías emergentes se encuentran en una situación similar a la de nuestro país.

Teóricamente, los requisitos de capital limitan el apalancamiento de los bancos y ayudan a crear incentivos para evitar un endeudamiento excesivo en estas instituciones (Admati et al. 2019), el equilibrio en el mercado de intermediación de valores se mueve a un modelo de agencia con menores riesgos (Cimon et al. 2019), y son más efectivos que la política monetaria en promover la estabilidad financiera (Martinez et al. 2019). Los nuevos acuerdos en esta materia son más estrictos en comparación a los estándares anteriores (Basilea I y II), por lo que deberían crear un mercado bancario más resiliente. Así, sus beneficios se deberían traducir en una disminución de la probabilidad de ocurrencia de crisis bancarias, evitando los costos que éstas acarrearán. Por el lado de los costos, los nuevos estándares exigen más y mejor capital, cuyo mayor costo se podría traducir en mayores tasas de interés en los créditos otorgados, frenando eventualmente, el dinamismo económico. Como la nueva regulación fue diseñada después de la última crisis bancaria y su implementación acaba de terminar en los países más avanzados en esta tarea, no ha sido posible medir de forma empírica si el beneficio neto de la implementación de los nuevos estándares es positivo o no. En este contexto, las conclusiones que se tienen a la fecha responden a derivaciones de modelos de simulación, que muestran resultados netos positivos de la implementación de estos estándares.

En el caso chileno, avanzar hacia la implementación de los estándares de Basilea III es atractivo para varios bancos locales debido a que sus matrices internacionales ya están sujetas a estos requerimientos, Chile posee un marcado ciclo del crédito, cuyos riesgos se pueden mitigar con las herramientas de Basilea III, y la estabilidad supervisora y legal generan un buen clima para su adopción (Rojas, 2015). En este escenario, la incorporación de Basilea III promueve una mejora en la competencia internacional de la banca chilena. Sin embargo, la implementación de nuevos estándares de capital no solo genera beneficios para el país, como los mencionados, sino que también involucra costos. Por esto es importante tener mediciones cuantitativas de ambos, para estimar el balance final. Con el objetivo de avanzar en esta línea, este trabajo aporta con una estimación del impacto de las mayores exigencias de capital sobre la probabilidad de ocurrencia de una crisis bancaria sistémica en Chile. Este es insumo clave para medir el beneficio neto de la implementación de los estándares de Basilea III. Con esta finalidad, se aplican métodos de simulación para su medición, siguiendo lo realizado en trabajos anteriores (Zeda et al., 2012 y Comisión Europea, 2014).

El documento se organiza como sigue: la sección II presenta una revisión de literatura sobre la medición de la probabilidad de crisis bancaria sistémica bajo diferentes estándares de capital, mientras que la sección III presenta el algoritmo utilizado para simular la probabilidad de crisis y, la

⁴ Para mayor detalle visitar <https://www.bis.org/bcbs/publ/d491.html>

forma en que se calibran parámetros necesarios para su implementación. La sección IV del documento presenta los principales resultados obtenidos, y la sección V profundiza en ellos con un análisis de sensibilidad. Finalmente, las conclusiones se presentan en la sección V.

II. Revisión de Literatura

Cuando se ha evaluado el beneficio neto de mayores requisitos de capital, la literatura ha hecho uso de la ecuación 1. En ella, el primer elemento corresponde al beneficio bruto esperado, que se define como el producto entre la disminución de la probabilidad de crisis sistémica como consecuencia de aumentos de capital, y el costo económico que significa la ocurrencia de una crisis. El segundo elemento de la ecuación viene dado por el costo, que se asocia a la eventual contracción en el crecimiento económico por el encarecimiento del precio del crédito, a consecuencia de los requisitos adicionales de capital.

$$\textit{beneficio neto} = \frac{\textit{costo crisis} \cdot \nabla \textit{pr}(\textit{crisis sistémica})}{\textit{beneficio bruto}} - \textit{costo mayor capital} \quad (1)$$

En este sentido, el BCBS presentó un informe el año 2010 con estimaciones del beneficio neto de los nuevos requerimientos de capital (BCBS, 2010). Asumiendo una adopción completa de estos, así como el cumplimiento de los nuevos requerimientos de liquidez, se observa que el beneficio neto es positivo para un amplio rango de valores del ratio de capital. A su vez, el beneficio neto es decreciente en la medida que aumenta el nivel de capital regulatorio exigido, puesto que el efecto en la probabilidad de crisis sistémica es menor para valores elevados. Complementario a lo anterior, en 2010 fue establecido por el Comité de Estabilidad Financiera (FSB, por sus siglas en inglés) y el BCBS, el Grupo de Medición Macroeconómica (MAG, por sus siglas en inglés), para medir los efectos de la implementación de las nuevas reformas, reuniendo a expertos de 15 países. Asumiendo un periodo de implementación de ocho años, los resultados de las simulaciones muestran que cumplir los nuevos requisitos de capital significaría una caída máxima del PIB en torno al 0,22%⁵ luego de nueve años desde iniciada la implementación (MAG, 2010).

En casos particulares, las estimaciones de impacto de mayores requisitos de capital en Reino Unido, realizada por el Banco de Inglaterra (2010), muestran que el beneficio de aumentos de capital iguala a sus costos para ratios de capital entre un 10% y 15%. Usando datos de siete países de la Unión Europea, Zeda et al. (2012) estiman que la implementación de los estándares de Basilea III reducen la probabilidad de crisis sistémica en 0,42%, considerando un capital objetivo de 10,5%, valor al cual se obtienen los mayores beneficios netos también. Siguiendo en Europa, la Comisión Europea presentó un completo informe sobre las reformas bancarias introducidas, así como de su impacto, en el año 2014. En este último caso, se estimó que la reducción en la probabilidad de crisis sistémica se ubica en torno a un 0,6% si se consideran sólo los nuevos estándares de capital, aumentando a 1% si se agregan las nuevas herramientas de resolución que fueron introducidas con la reforma. Esto da como resultado final, un beneficio neto entre un 0,3% y 0,8% del PIB anual (Comisión Europea, 2014). Finalmente, una revisión completa a la literatura que ha investigado los beneficios y costos del capital bancario se estudia en BCBS (2019), confirmando que los beneficios netos son positivos para amplios valores del ratio de capital, mientras que la reducción de la probabilidad crisis bancaria sistémica de

⁵ Esta caída se debe interpretar como la desviación con respecto a la tendencia del PIB sin considerar mayores requisitos de capital.

un aumento de 1 punto porcentual en el ratio de capital, oscila entre 0,03% a 1,7% anual según el estudio.

Por otro lado, cada uno de los tres parámetros de la ecuación 1 requiere una calibración particular. En este documento, nos centraremos en una metodología para estimar $\nabla pr(\text{crisis sistémica})$, quedando los otros para trabajos futuros. En este ámbito, la metodología que usaremos se basa en el modelo sistémico de pérdidas originadas para los bancos (SYMBOL, por sus siglas en inglés), desarrollado por De Lisa et al. (2011). Esta metodología simula la distribución de pérdidas para los bancos, a partir de la cual es posible derivar una probabilidad de crisis sistémica bajo distintas definiciones de capital regulatorio. El método no sólo ha sido utilizado para estudiar los efectos de los requisitos de capital en la probabilidad de crisis bancaria en los trabajos mencionados anteriormente, sino que ejercicios complementarios han sido llevados a cabo con él. Ejemplos de estos usos son el ejercicio de Benczur et al. (2015), quienes utilizan la distribución de pérdidas de bancos en incumplimiento para determinar el impacto potencial en el déficit fiscal y deuda pública de eventos de insolvencia. Con ello es posible determinar una trayectoria para el comportamiento de la deuda fiscal. Otro caso de uso es el realizado por Benczur et al. (2017), quienes utilizan el modelo para determinar la disminución en el costo fiscal de una crisis, gracias a la implementación total de las nuevas reformas bancarias de la Unión Europea. Ellos determinan que el costo de las crisis pasaría desde un 3,7% del PIB a un 0,5% cuando todas las nuevas herramientas son puestas en práctica. Gómez et al. (2018) utilizan el modelo para determinar la probabilidad de incumplimiento de bancos españoles, y con ello determinar qué indicadores influyen sobre estos valores, resultando relevante la adecuación de capital, liquidez y calidad de los activos.

Finalmente, una validación a la implementación del método SYMBOL, usado por la Comisión Europea en 2014 para determinar los efectos de los nuevos requerimientos de capital, fue realizada por Hordijk et al. (2018). Se señalan como aspectos positivos la consistencia y transparencia del método, así como su habilidad para simular la pérdida bajo diferentes definiciones regulatorias. Por otro lado, en cuanto a aspectos de mejora, destaca la poca granularidad en los datos utilizados, la no incorporación de cargos de capital por pilar 2, carencia de análisis de robustez para parámetros que no fueron calibrados, además de ignorar otros canales de contagio en un evento de estrés, distinto a las exposiciones directas de instrumentos. Cabe mencionar que gran parte de las desventajas mencionadas anteriormente son resueltas en este trabajo, gracias a la disponibilidad de datos que posee la CMF.

III. Metodología

En esta sección se abordan los aspectos metodológicos considerados para la estimación de los cambios en la probabilidad de una crisis bancaria sistémica bajo distintas exigencias de capital regulatorio. Para esto, primero se aborda la calibración de los parámetros que son necesarios para la simulación que permite estimar la probabilidad de una crisis bancaria sistémica y luego, en la segunda sección, se abordan los detalles del método de simulación.

III.1 Calibración de parámetros

Para la ejecución del método de simulación considerado, es necesario obtener una estimación de la pérdida dado el incumplimiento (LGD, por sus siglas en inglés) de los activos de cada banco b del experimento, denotada por LGD_b , y la LGD interbancaria, denotada por β . Este segundo parámetro,

corresponde al porcentaje de pérdida de las exposiciones entre instituciones bancarias ante un evento de incumplimiento, y que se asume uniforme para todo el sistema bancario. Por otro lado, es necesario también estimar la correlación entre los activos de los bancos, denotada por ρ . A continuación, se detalla la forma en que los parámetros mencionados son estimados.

III.1.A- Estimación de LGD_b y β

En este caso se utilizó la información que proviene de los archivos contables de cada banco para un determinado periodo⁶. Con esta información, la LGD fue estimada de acuerdo con los siguientes criterios:

- a) Para el caso de operaciones de la cartera comercial, evaluada individualmente, se utilizó la metodología del Anexo 5 de la propuesta normativa para la determinación de los activos ponderados por riesgo de crédito, publicada en enero de 2020 por la CMF⁷. Esta consiste en asignar una LGD de 90% a la parte no garantizada de una operación, mientras que a la parte caucionadas por garantías financieras se le asigna una LGD de 0%, a la parte cubierta por bienes raíces un 20%, y a la cubierta por otras garantías reales un 25%.
- b) Para las operaciones de la cartera de consumo, se asigna una LGD de 61,3%, de acuerdo con lo estipulado en el numeral 4.3 de la propuesta normativa citada en el párrafo anterior.
- c) Para el resto de las operaciones, se asigna la LGD que se obtiene de las metodologías estándar presentes en el Capítulo B-1 del compendio de normas contables de los bancos⁸.

Obtenida la LGD para cada operación, según lo descrito anteriormente, se obtiene el valor de la LGD_b como el promedio ponderado de la LGD de las operaciones de cada banco, usando el tamaño de la colocación como el peso relativo de cada una. Para el caso de la LGD interbancaria, β , dado que las exposiciones se evalúan individualmente, se utiliza lo señalado en el punto a) anterior, usando como resultado final el promedio ponderado de todas las operaciones a nivel de sistema bancario.

III.1.B- Estimación de ρ

Este parámetro refleja en qué extensión los activos de los distintos bancos se mueven en la misma dirección. Para estimar su cuantía, es necesario determinar primero el valor económico de los activos de cada banco. Lo anterior se realiza siguiendo lo propuesto por Sironi et al. (2004), quienes usan el modelo KMV para esta tarea. El método consiste en resolver el siguiente sistema de ecuaciones:

$$V_A N(d_1) - e^{r_f T} K N(d_2) - V_E = 0$$

$$\frac{V_A}{V_E} N(d_1) \sigma_A - \sigma_E = 0 \quad (2)$$

⁶ La fuente de datos corresponde al archivo C11 del Manual de Sistemas de Información de la CMF, que contiene información a nivel de operaciones activas y contingentes sujetas a provisiones por riesgo de crédito según el Capítulo B-1 del compendio de normas contables.

⁷ Para mayor detalle visitar http://www.cmfchile.cl/institucional/legislacion_normativa/normativa_tramite.php

⁸ Para más detalle visitar https://www.sbif.cl/sbifweb3/internet/archivos/norma_6545_1.pdf

Donde,

- V_A corresponde al valor de los activos.
- $N(x)$ es el valor de la distribución normal, con media 0 y varianza 1, para la variable x .
- $d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\sigma_A}{K}\right) + \left(r_f + \frac{\sigma_A^2}{2}\right)T}{V_A \sqrt{T}}$.
- r_f es la tasa libre de riesgo.
- T es el horizonte temporal.
- K es el punto de incumplimiento, que se define como las obligaciones de corto plazo más un 50% de las obligaciones de largo plazo.
- $d_2 = d_1 - V_A \sqrt{T}$.
- V_E corresponde al valor del patrimonio.
- σ_A es la volatilidad del valor de los activos.
- σ_E es la volatilidad del valor del patrimonio.

Las variables por determinar son V_A y σ_A . El sistema de ecuaciones 2 se resuelve iterativamente usando datos mensuales de 12 periodos. Con ello, se obtiene una serie de valores V_A para cada banco, con la cual se determina el retorno logarítmico anual de estos valores. Construida la serie de retornos para cada institución, se computa la matriz de correlaciones y así, ρ se estima como la media de los elementos fuera de la diagonal de esta matriz.

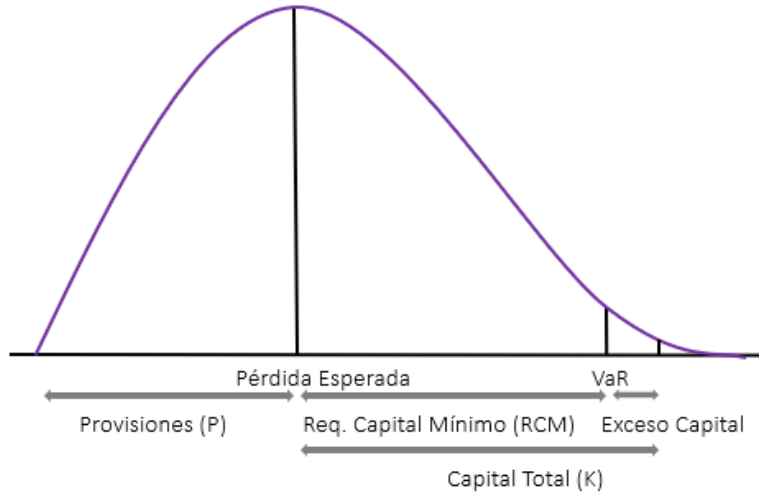
Finalmente, para la implementación de esta calibración, se utiliza información de mercado para estimar los valores V_E y σ_E , usando el retorno logarítmico de los precios de las acciones para la estimación de σ_E , mientras que V_E se obtiene a partir del valor de la capitalización de mercado. Adicionalmente, se fija $T = 1$, mientras que r_f corresponde al valor de la tasa del mercado secundario de los bonos en UF licitados por el Banco Central de Chile. K se obtiene a partir de la información de los estados financieros mensuales que los bancos envían a la CMF.

III.2 Método de simulación

Para la obtención de la probabilidad de crisis sistémica bancaria, se utiliza el método SYMBOL. Este algoritmo permite simular la distribución de pérdida de los bancos, representada en la figura 1, a partir de la cual se puede derivar una probabilidad de incumplimiento según se discute más adelante. Antes de pasar al detalle de su funcionamiento, es importante tener en cuenta las siguientes limitaciones y supuestos del modelo:

- Sólo considera riesgo de crédito.
- Asume que la fórmula basada en modelos internos (IRB, por sus siglas en inglés) es correcta para capturar el riesgo de crédito.
- Para la correlación entre bancos se asume un valor fijo y constante.
- La única fuente de contagio, en un evento de insolvencia, viene dada por la exposición interbancaria.

Figura 1: Distribución de pérdida de los bancos



Para obtener la distribución anterior, el primer paso consiste en derivar una probabilidad de incumplimiento implícita de los activos de cada banco b , la cual se denota por $IOPD_b$, por sus siglas en inglés. Para obtener este parámetro, se realiza el procedimiento descrito a continuación. Basado en el método de modelos internos⁹, sabemos que el capital requerido para la clase de activos i del banco b , denotado por $C_{i,b}$, viene dado por:

$$C_{i,b} = LGD_{i,b} \cdot \left[N \left(\sqrt{\frac{1}{1-R_{i,b}}} N^{-1}(PD_{i,b}) + \sqrt{\frac{R_{i,b}}{1-R_{i,b}}} N^{-1}(0,999) \right) - PD_{i,b} \right] \cdot M_{i,b}$$

Donde $LGD_{i,b}$ es la pérdida dado el incumplimiento para la clase de activos i del banco b , $R_{i,b}$ es la correlación de los activos en la clase i , $PD_{i,b}$ es la probabilidad de incumplimiento de la clase de activos i , $M_{i,b}$ es un ajuste por maduración y $N^{-1}(x)$ es la inversa de la distribución normal. Como se aprecia, el VAR está al 99,9%, acorde a lo requerido por los estándares de Basilea.

Sumando sobre todas las clases de activos, cuyo tamaño individual viene dado por $A_{i,b}$, obtenemos el requerimiento de capital mínimo (RCM) para cada banco:

$$RCM_b = \sum_i C_{i,b} \cdot A_{i,b}$$

Luego, el requerimiento de capital promedio, \widehat{C}_b , de cada banco, queda dado por:

$$\widehat{C}_b = \frac{RCM_b}{\sum_i A_{i,b}} \quad (3)$$

De la ecuación anterior, la parte izquierda se expresa como:

⁹ El documento *An explanatory note on the Basel II IRB risk weight function* ofrece una excelente explicación de la derivación de esta fórmula. Disponible en <https://www.bis.org/bcbs/irbriskweight.htm>

$$\widehat{C}_b = LGD_b \cdot \left[N \left(\sqrt{\frac{1}{1-R_b}} N^{-1}(IOPD_b) + \sqrt{\frac{R_b}{1-R_b}} N^{-1}(0,999) \right) - IOPD_b \right] \cdot M_b \quad (4)$$

Notar que en el caso anterior se usa la LGD estimada al inicio de esta sección. Además, se tiene que:

$$M_b = \frac{(1 + (MA - 2,5)b_b) \cdot 1,06}{1 - 1,5b_b}$$

$$R_b = 0,12 \frac{1 - e^{-50IOPD_b}}{1 - e^{-50}} + 0,24 \left(1 - \frac{1 - e^{-50IOPD_b}}{1 - e^{-50}} \right)$$

Con $MA = 2,5$, $b_b = (0,11852 - 0,05478 \ln(IOPD_b))^2$. Del caso anterior, M_b corresponde al ajuste del cargo de capital por madurez, donde $MA = 2,5$ es el valor usado por el BCBS en sus calibraciones originales. b_b permite que el ajuste de madurez sea funcional a la probabilidad de incumplimiento, donde a menor probabilidad, es mayor el ajuste, dado que el activo, en estas circunstancias, es más propenso a cambios de valor. R_b es la forma funcional escogida para la correlación, la cual es mayor para valores menores de la probabilidad de incumplimiento, y viceversa. Esta fórmula corresponde también a la usada para exposiciones individuales de acuerdo con la metodología propuesta para la estimación de los activos ponderados por riesgo de crédito en nuestro país.

Por otro lado, en el numerador del lado derecho de la ecuación 3, la expresión RCM_b corresponde al 8% de los activos ponderados por riesgo (APR), netos de provisiones exigidas, estimados según los nuevos estándares¹⁰. Por otro lado, el denominador viene dado por los activos totales. Por lo tanto, la $IOPD_b$ se obtiene como el valor que resuelve la ecuación 3, haciendo uso de la expresión 4 y de lo descrito en este párrafo.

Estimada la $IOPD_b$, se procede a estimar la distribución de pérdidas. Sea N el número de simulaciones válidas requeridas, n un identificador para cada iteración, s el contador de simulaciones válidas, y V el conjunto que guarda las iteraciones que son válidas. Entonces el algoritmo es el siguiente:

- Inicializar $N, s = 0, n = 0, V = \{\}$.
- Mientras $s \leq N$, hacer:
 - **Paso 1:** simular un shock de pérdidas para cada banco usando la expresión 5.

$$L_{b,n}^c = LGD_b \cdot N \left(\sqrt{\frac{1}{1-R_b}} N^{-1}(IOPD_b) + \sqrt{\frac{R_b}{1-R_b}} \alpha_{b,n} \right) \quad (5)$$

¹⁰ Si bien en Chile el cargo sistémico es un cargo mínimo de capital, este no es considerado, ya que los bancos con estas características obtendrían un valor $IOPD_b$ mayor sólo por este hecho, lo cual carece de sentido. Por otro lado, se ignoran los cargos por pilar 2, dado que aún no se tienen estimaciones de estos valores.

Del caso anterior, c es para denotar la definición de capital, lo cual no genera cambios en esta parte del algoritmo, y $\alpha_{b,n}$ es un shock de pérdida generado aleatoriamente a partir de la siguiente distribución:

$$\alpha_{b,n} \sim N(0,1) \text{ y } cov(\alpha_{b,n}, \alpha_{d,n}) = \rho \quad \forall b \neq d$$

En este caso, la forma del shock aleatorio responde a la distribución que tiene el factor de riesgo sistemático en el modelo a partir del cual se deriva la fórmula IRB. Además, en la generación de los valores aleatorios para la pérdida $L_{b,n}^c$ de cada banco b en la simulación n y capital c , se usan los parámetros ρ y LGD estimados al inicio de esta sección.

○ **Paso 2:** si K_b^c y P_b son el capital regulatorio según el escenario c y provisiones de cada banco b respectivamente, se determina el conjunto de bancos que son insolventes en la iteración n de acuerdo con la definición de capital c , denotado por D_n^c . Las distintas definiciones de capital se abordan posteriormente.

$$D_n^c = \{b \in D_n^c \mid L_{b,n}^c > K_b^c + P_b\} \quad (6)$$

Se observa de la definición anterior, que el conjunto D_n^c queda compuesto por aquellos bancos donde la pérdida generada aleatoriamente supera el capital y provisiones disponibles para su absorción.

○ **Paso 3:** en caso de que el conjunto definido en 6 sea distinto de vacío, se genera el contagio hacia los bancos que no han entrado en insolvencia. Lo anterior se hace actualizando la pérdida generada en el paso dos, añadiendo las exposiciones que se tienen con los bancos insolventes. Lo anterior se refleja en la siguiente expresión:

$$L_{b,n}^c = L_{b,n}^c + \beta \cdot E_b^c \quad \forall b \notin D_n^c, \beta \in [0,1]$$

Donde β , la LGD interbancaria, es un factor que determina que fracción de la exposición se transmite a los bancos que no son insolventes, determinado según lo descrito al inicio de esta sección, y E_b^c es la exposición del banco b con las instituciones insolventes que tienen capital c . Luego, se repite paso dos y tres, hasta que no existan nuevos bancos insolventes a causa del contagio.

○ **Paso 4:** se determina qué bancos entran en incumplimiento de acuerdo con la definición del artículo 130 de la LGB, en los distintos escenarios de capital regulatorio c . En este caso, el incumplimiento ocurre cuando el capital regulatorio disponible es inferior al 5% de los APR neto de provisiones, lo que permite definir al conjunto I_n^c como sigue:

$$I_n^c = \{b \in I_n^c \mid K_b^c - 0,95L_{b,n}^c < 0,05APR_{BIII,b}\} \quad (7)$$

De la expresión anterior, la pérdida generada queda ponderada al 95% dado que es también una disminución de los APR.

○ **Paso 5 (final):** en este paso se determina si la iteración actual es o no válida. Para que así lo sea, la condición que se debe cumplir es que I_n^c sea distinto de vacío en al menos una definición de capital c . Esta condición permite modelar la cola izquierda de la distribución de pérdidas. Si la condición se cumple, entonces $s = s + 1$, vale decir aumenta el contador de iteraciones válidas, y $V = V \cup \{n\}$, guardando el índice de la iteración. Por otro lado, $n = n + 1$ en cualquier caso, y luego se regresa al paso 1.

Para observar el efecto de la aplicación de los estándares de Basilea III, se utilizan cuatro escenarios para la definición del capital regulatorio de cada banco b , denotados por K_b^c , con $c = \{1,2,3,4\}$. Si la aplicación de Basilea III genera un impacto sobre el incumplimiento de los bancos, entonces el conjunto de bancos insolventes D_n^c y en incumplimiento de acuerdo con el artículo 130 de la LGB I_n^c , en cada iteración, será diferente en función de las definiciones de capital. Los valores utilizados se muestran en la siguiente tabla 1:

Tabla 1: Definiciones de capital regulatorio

Escenario	Definición de capital K_b^c
Actual, $c = 1$	$\max(K_{BIII,b}, 0,08 \cdot APRC_b)$
Basilea III, $c = 2$	$\max(K_{BIII,b}, (0,08 + CS_b) \cdot APR_{BIII,b})$
Basilea III con CCoB, $c = 3$	$\max(K_{BIII,b}, (0,105 + CS_b) \cdot APR_{BIII,b})$
Basilea III con CCoB y CCyB, $c = 4$	$\max(K_{BIII,b}, (0,105 + CS_b + CCyB) \cdot APR_{BIII,b})$

Donde $K_{BIII,b}$ es el capital regulatorio del banco b de acuerdo con la nueva definición de capital regulatorio propuesta por la CMF, $APRC_b$ son los activos ponderados por riesgo de crédito definidos de acuerdo con el capítulo 12-1 de la RAN y netos de provisiones, CS_b es el cargo sistémico definido para el banco b , $APR_{BIII,b}$ son los activos ponderados por riesgo definidos según los nuevos estándares de capital y netos de provisiones, y $CCyB$ es el cargo contra cíclico, el cual se usa en su máximo de 2,5%. Se aprecia de la tabla anterior, que cada banco siempre tiene el capital mínimo requerido según el escenario definido, y, además, el nivel de capital en cada banco aumenta en la medida que se avanza a través de ellos, por lo que es de esperar un menor incumplimiento en los bancos. Cabe destacar que para el escenario actual ($c = 1$), se considera también de forma implícita, para los casos que corresponde, el requisito de capital que tienen aquellos bancos que se han fusionado. Por lo tanto, la evaluación del impacto de los requisitos adicionales de capital es con respecto al nivel de capitalización actual que tienen los bancos en Chile.

Por otro lado, de los casos de la tabla 1, el escenario tres corresponde al escenario que más probabilidad de ocurrencia tiene en el tiempo, donde los bancos cumplen el requerimiento mínimo de 8%, el cargo sistémico y el colchón de conservación de capital (CCoB, por sus siglas en inglés); mientras que el cargo contra cíclico es contingente a su activación por parte del Banco Central de Chile, lo cual no se avizora en el corto plazo. Por otro lado, el cargo por pilar 2 no se incluye debido a las dificultades de estimación para cada banco, dado que depende de los riesgos identificados en el proceso de supervisión en cada institución.

Cabe destacar que, en este caso, se asume que el banco mejora su relación de capital con relación a sus APR, lo cual puede lograrse ya sea levantando el nuevo capital y colocarlo en activos con bajo riesgo (ponderación menor en los APR) o, cambiando su portafolio hacia activos de menor riesgo, con el objetivo de lograr la relación de capital requerida por los nuevos estándares. Ambos mecanismos tienen un resultado similar sobre la probabilidad de incumplimiento. En cuanto a los costos de los mayores cargos de capital, la literatura se ha focalizado en estimar cómo el aumento del costo de fondeo se traspa a mayores tasas de interés cobradas. Si bien este análisis y calibración queda fuera del alcance del presente estudio, las tasas mayores no deberían significar un deterioro significativo en la cartera de créditos del banco, ya que, de serlo, los nuevos activos serían muy demandantes en capital y, significarían un mayor gasto por provisiones de riesgo de crédito, que reduce la fuente de capital. Ambos efectos no permitirían conseguir el cumplimiento de los nuevos requisitos, anulando el efecto del capital levantado.

Luego, para determinar la probabilidad de crisis bancaria sistémica, se definen primero los siguientes indicadores:

- 1) Costo de recapitalizar bancos en incumplimiento (I_n^c) al 8% de los APR (netos de provisiones), más el cargo sistémico si aplicase, de forma que cumplan con los requisitos mínimo de capital establecidos en el artículo 66 de la LGB, como porcentaje del PIB en cada iteración n (válida) y definición de capital c , denotado por CF_n^c y, expresado matemáticamente por la siguiente ecuación:

$$CF_n^c = \frac{\sum_{b \in I_n^c} (0,08 + CS_b) \cdot APR_{BIII,b} - K_b^c + (1 - 0,08 - CS_b) \cdot L_{b,n}^c}{PIB} \quad (8)$$

$$\forall c = 1,2,3,4; n \in V$$

- 2) El monto total de los depósitos vista de los bancos en incumplimiento, como porcentaje del PIB en cada iteración n (válida) y definición de capital c , denotado por DAV_n^c y, expresado matemáticamente por:

$$DAV_n^c = \frac{\sum_{b \in I_n^c} DAV_b}{PIB} \quad \forall c = 1,2,3,4; n \in V \quad (9)$$

Donde DAV_b son los depósitos vista del banco b .

- 3) El monto total de los depósitos a plazo sujetos garantía estatal de los bancos en incumplimiento, como porcentaje del PIB en cada iteración n (válida) y definición de capital c , denotado por DAP_n^c y expresado matemáticamente por:

$$DAP_n^c = \frac{\sum_{b \in I_n^c} DAP_b}{PIB} \quad \forall c = 1,2,3,4; n \in V \quad (10)$$

Donde DAP_b son los depósitos a plazo sujetos a garantía estatal del banco b .

Considerando las definiciones anteriores, se definen los siguientes eventos para posteriormente estimar la probabilidad de crisis bancaria sistémica:

- **Evento A:** el costo de recapitalizar a los bancos en incumplimiento supera un $\gamma_1\%$ del PIB. Esto quiere decir que $CF_n^c > \gamma_1\%$.
- **Evento B:** el monto de los depósitos vista de los bancos en incumplimiento supera un $\gamma_2\%$ del PIB, vale decir que $DAV_n^c > \gamma_2\%$.
- **Evento C:** el monto de los depósitos a plazo, sujetos a garantía estatal, de los bancos en incumplimiento, supera un $\gamma_3\%$ del PIB, vale decir que $DAP_n^c > \gamma_3\%$.

Cuando se evalúa si un evento de tensión financiera corresponde, o no, a una crisis de tipo sistémica, se usa más de un criterio respecto a sus consecuencias. En este caso, el evento A corresponde a una estimación del costo que significa rescatar a los bancos en incumplimiento para volverlos viables. Esto ha sido utilizado por Leaven et al. (2018) para comparar crisis a lo largo del tiempo en distintos

países, así como para definir cuáles son de tipo sistémico, usando un umbral del $\gamma_1 = 3\%$. Por otro lado, considerando que en casos de crisis el BCCh responde al pago de los depósitos vista en caso de que el banco no tenga la liquidez necesaria para ello, el segundo criterio B intenta evaluar si el evento es de tal magnitud que los activos de esta institución no son suficientes para conceder créditos y/o comprar activos a los bancos para así para cubrir estas obligaciones. En este caso, $\gamma_2\%$ corresponde a la fracción que representan los activos del BCCh con relación al PIB. Por último, el fisco anualmente publica una estimación de la exposición a la garantía estatal de depósitos a plazo, generando para ello un pasivo contingente en la Ley de presupuestos. Entonces, el evento C intenta evaluar si la crisis genera una situación en que este pasivo contingente no es suficiente para cubrir los depósitos de los bancos en incumplimiento, por lo que $\gamma_3\%$ corresponde al valor del pasivo contingente con relación al PIB para el periodo estudiado. A partir de estas definiciones, se aprecia que los criterios B y C responden a efectos en la liquidez del sistema bancario por un evento de crisis.

Por lo tanto, se puede definir la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos anteriores, así como cuando ocurren en conjunto, condicionado a la definición de capital c que se esté evaluando. Lo anterior se logra evaluando la frecuencia en que se cumple cada criterio con respecto a las simulaciones válidas requeridas en el algoritmo de simulación. Con lo anterior, la probabilidad de crisis bancaria de tipo sistémica corresponderá a las siguientes definiciones:

- $P(A \cap B \cap C|c)$
- $P(A \cap (B \cup C)|c)$
- $P(A \cap B|c)$
- $P(A \cap C|c)$

Las definiciones anteriores dan cuenta de que una crisis, para que sea de tipo sistémica, requiere la ocurrencia simultanea de más de un evento. En este caso, se requiere siempre que el costo de recapitalización sea elevado y una consecuencia grave sobre la liquidez del sistema bancario. Las diferentes definiciones anteriores se toman para evaluar la sensibilidad de los resultados.

Finalmente, el cambio en la probabilidad de crisis sistémica por la adopción de los estándares de Basilea III, vendrá dado por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 \Delta pr_1 &= P(A \cap B \cap C|c = 1) - P(A \cap B \cap C|c = k) \quad \forall k = 2,3,4 \\
 \Delta pr_2 &= P(A \cap (B \cup C)|c = 1) - P(A \cap (B \cup C)|c = k) \quad \forall k = 2,3,4 \\
 \Delta pr_3 &= P(A \cap B|c = 1) - P(A \cap B|c = k) \quad \forall k = 2,3,4 \\
 \Delta pr_4 &= P(A \cap C|c = 1) - P(A \cap C|c = k) \quad \forall k = 2,3,4
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Del caso anterior, $k = 2$ tiene el efecto de la adopción de Basilea III con el cargo sistémico, al considerar $k = 3$ se adiciona el efecto del CCoB, y $k = 4$ adiciona el efecto del CCyB. Sin embargo, el caso más relevante para nuestro ejercicio es cuando $k = 3$, dado que es el nivel de capital objetivo por más tiempo.

IV. Resultados

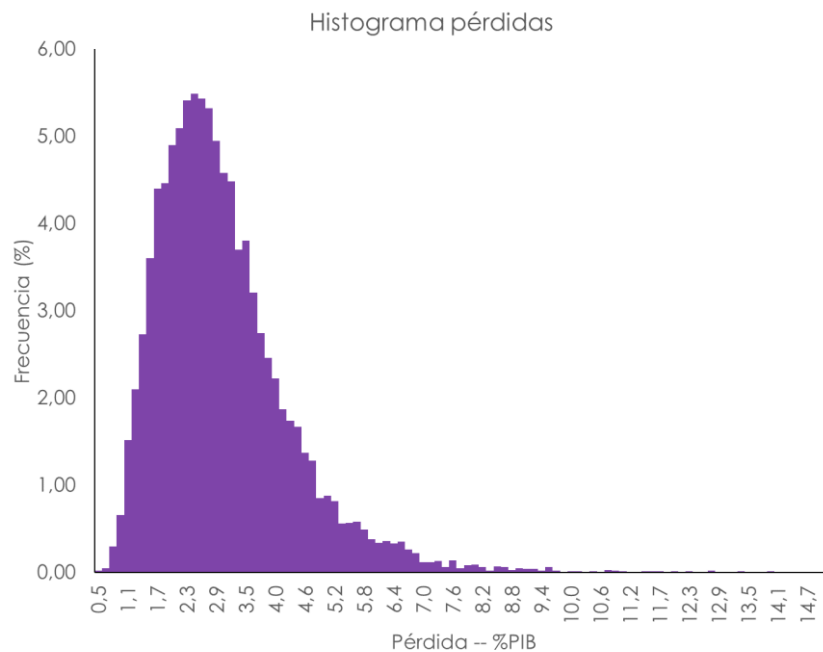
En la presente sección se exponen los resultados de la metodología exhibida anteriormente. En primer lugar, se muestran los resultados de los parámetros necesarios para la ejecución del método de simulación, para luego pasar a los valores obtenidos en la variación de la probabilidad de crisis bancaria sistémica. Los resultados se obtienen utilizando información a diciembre de 2018, requiriendo 10.000 simulaciones válidas, equivalentes a 2 millones de iteraciones aproximadamente.

En lo que respecta a los parámetros, para la estimación de ρ , la correlación entre bancos, se utiliza información de mercado entre los periodos de noviembre 2002 a noviembre 2019, con periodicidad mensual. La información corresponde a los cinco bancos que tienen acciones transadas en la bolsa de Santiago. Usando la metodología presentada en la sección III.1.B, se obtiene un valor en torno a **0,74** para este parámetro, propio de un mercado bancario concentrado como el chileno.

Por otro lado, se usó información a diciembre de 2018 para la estimación de la LGD_b . Se obtienen valores entre un 43% y 88%, mientras que la media para el sistema bancario se ubica en un **49%**. Este valor, es levemente superior al 45% que han utilizado otros estudios. En cuanto a la estimación de la LGD interbancaria β , se obtiene un valor de **90%**.

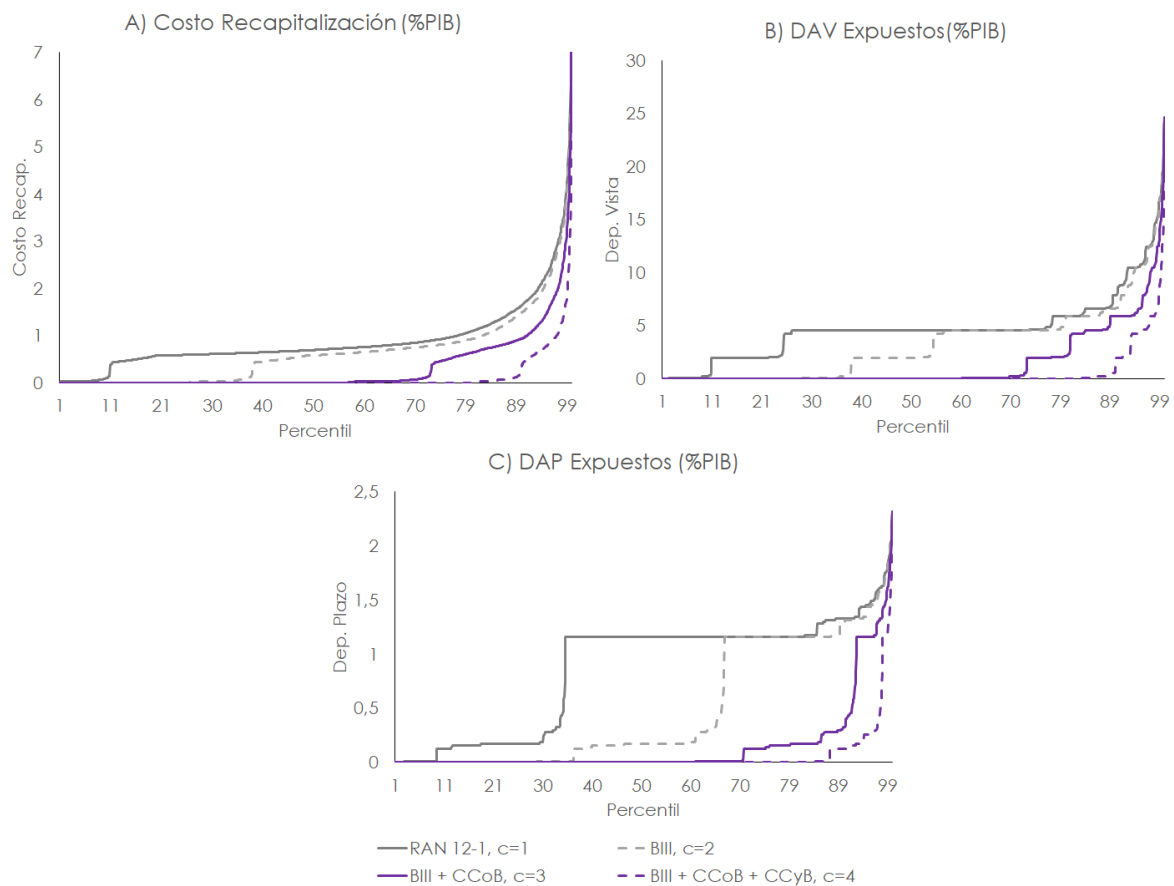
Con los resultados anteriores, se procede a realizar las simulaciones. El primer resultado corresponde al valor de la $IOPD_b$, que corresponde a la probabilidad de incumplimiento implícita de los activos de cada banco. A nivel de sistema bancario, el valor llega a **0,4%**, en línea a lo reportado en la literatura. Luego de estimada la $IOPD_b$, es posible realizar la simulación de la distribución de pérdidas por riesgo de crédito. La figura 2 muestra la distribución obtenida, cuya media está en torno al 3% del valor del PIB para el año analizado.

Figura 2: Histograma de la distribución de pérdidas



Estimada la distribución de pérdidas, se analiza para los bancos en incumplimiento y distintas definiciones de capital, el comportamiento del costo de recapitalización CF_n^c en el panel A, los depósitos a la vista DAV_n^c en el panel B, y depósitos a plazo DAP_n^c en el panel C de la figura 3. Lo anterior graficando los percentiles de la distribución de estos parámetros, para con ello visualizar la mejora sobre ella con las nuevas definiciones de capital. A partir de esta figura es posible observar que adoptar Basilea III desplaza a los percentiles más elevados los costos de recapitalización más altos. Particularmente, se necesita estar en el percentil 68 para comenzar a observar costos relevantes con la nueva definición de capital $c = 3$, mientras que lo mismo ocurre en el percentil 12 si se toma en cuenta la definición actual. Esto da cuenta que la magnitud de pérdidas debe ser sustancialmente mayor para generar impactos relevantes con el nuevo capital. Situación similar se aprecia en el panel B, donde los depósitos a la vista de bancos en incumplimiento superan el 5% del PIB desde el percentil 33 aproximadamente con la definición actual de capital, mientras que un resultado similar se logra cuando nos ubicamos en el percentil 80 con los nuevos estándares de capital. En el caso del panel C, los depósitos a plazo expuestos con el capital actual supera el 1% al percentil 50, mientras que lo mismo se genera al percentil 90 de la distribución cuando se considera el nuevo nivel de capital. Finalmente, se observa en todos los casos que los impactos más relevantes ocurren cuando se considera el capital con CCoB y cargo sistémico ($c = 3$), mientras que el efecto adicional del CCyB ($c = 4$) es relativamente menor. Por lo tanto, el capital tiene un efecto decreciente sobre los parámetros estudiados.

Figura 3: Distribución las necesidades de recapitalización, depósitos vista y depósitos a plazo de bancos en incumplimiento



Para estimar las variaciones en la probabilidad de crisis bancaria sistémica, el umbral $\gamma_2\%$ usado fue de 13,5%. Este valor corresponde a los activos del BCCh con relación al PIB, tomando los valores de los estados financieros de esta institución al 31 de diciembre de 2018¹¹. En el caso de $\gamma_3\%$, se usó un valor de 1,8%, lo cual representa una estimación del pasivo contingente que el fisco hubiere declarado si la nueva garantía estatal de depósitos a plazo fuera de 200 UF¹² por institución y 400 UF en el sistema bancario total. En lo que respecta a $\gamma_1\%$, se usa un valor de 3%.

La tabla 2 exhibe los cambios en la probabilidad de crisis bancaria sistémica con respecto al escenario de capital actual (ecuación 12), considerando las definiciones de probabilidad propuestas en la sección anterior. Estos cambios son en términos absolutos con respecto al escenario actual de capital. La primera columna considera el impacto de los estándares de Basilea III con el cargo sistémico ($k = 2$). Se observa que su implementación genera una disminución entre 0,13% y 0,20%, mientras el promedio se sitúa en torno a 0,17%. La segunda columna, que representa la de mayor interés para el presente estudio al considerar el escenario Basilea III con cargo sistémico y CCoB ($k = 3$), muestra que la disminución de probabilidad se sitúa entre 0,68% y 1,02%, mientras que la caída promedio se sitúa en 0,85%. Por tanto, el CCoB genera una disminución adicional promedio de 0,69% en la probabilidad de crisis bancaria sistémica. Los resultados acá mostrados se encuentran dentro de los intervalos estimados en la literatura, con disminuciones entre 0,03% y 1,7% (BCBS, 2019). Además, la columna final muestra que cuando se agrega el CCyB ($k = 4$), la disminución en probabilidad se ubica entre 1,09% y 1,60%, mientras que el promedio se sitúa en 1,35%. A partir de este resultado, se deriva que la adopción del CCyB genera una disminución adicional en la probabilidad de crisis de 0,50% en promedio. Cabe destacar que los resultados acá presentados, son los primeros que permiten cuantificar el efecto de cada herramienta, particularmente del cargo sistémico, CCoB y CCyB. Finalmente, se debe tener la precaución que las conclusiones sobre el impacto individual de cada herramienta dependen del orden en que se incorporan estas en los requerimientos de capital regulatorio. El orden adoptado en la metodología acá descrita corresponde a como operarían los requisitos de capital a lo largo del tiempo.

Tabla 2: Cambios en la probabilidad de crisis bancaria sistémica (%)

Definición de cambio en probabilidad	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$
Δpr_1	0,13	0,68	1,09
Δpr_2	0,20	1,02	1,60
Δpr_3	0,19	0,97	1,51
Δpr_4	0,14	0,73	1,18
Promedio	0,17	0,85	1,35

Los resultados anteriores muestran también que el efecto de requisitos adicionales de capital sobre la probabilidad de crisis bancaria sistémica, tiene un efecto decreciente, acorde a los resultados encontrados en la literatura sobre este tema.

¹¹ Para mayor detalle visitar http://si2.bcentral.cl/public/publicaciones_digitaes/Memoriaanual2018/estados-financieros/

¹² La estimación del pasivo contingente ascendió a 1,2% del PIB (<https://www.dipres.gob.cl/598/w3-propertyvalue-16136.html>). Sin embargo, ese valor considera la antigua versión de la LGB, donde la garantía estatal contemplaba depósitos a plazo por hasta 120 UF. El valor anterior se corrigió según la nueva ley.

Finalmente, las disminuciones más bajas ocurren cuando se considera la intersección de todos los eventos, o la intersección del evento asociado al costo de recapitalización y depósitos a plazo sujetos a garantía estatal. Esto ocurre porque este último, por sí sólo, tiene una menor probabilidad de ocurrencia, y por tanto las magnitudes y cambios en la probabilidad de crisis sistémica en las definiciones Δpr_1 y Δpr_4 son menores.

Considerando que las crisis bancarias sistémicas tienen un gran costo económico para un país, las disminuciones de la probabilidad de ocurrencia acá encontradas se podrían traducir en importantes beneficios. Por ejemplo, el costo de la última crisis financiera en la zona euro se estima en torno a un 100% del valor del PIB precrisis (Comisión Europea, 2014). Por tanto, en un escenario como este, la disminución de la probabilidad de crisis sistémica encontrada significa un beneficio bruto de 0,85% del PIB en promedio.

V. Análisis de robustez

Con el propósito de validar los resultados encontrados en la sección anterior, en este apartado se realiza un análisis de robustez considerando nuevos valores para determinados parámetros. En primer lugar, la LGD utilizada en la literatura para ejercicios similares corresponde a un 45%, que es la establecida por el BCBS para exposiciones no garantizadas. Si bien nuestras estimaciones se acercan a este valor a nivel sistema, estimaciones internas muestran diferencias importantes en algunas entidades, por lo que el 45% es un escenario que debería ser considerado. Adicionalmente, se testean valores de 30% y 70%, para así, con estos extremos, visualizar más claramente los efectos sobre los resultados estimados. La LGD es un parámetro clave en el modelo de simulación utilizado, dado que a partir de este se define la IOPD de cada banco, y ambos definen la estructura de la función de pérdidas a partir de la que se deriva la probabilidad de crisis. Una mayor LGD se compensa con un menor valor de la IOPD, por lo que no es posible establecer a priori que efecto domina al otro en el cambio de la probabilidad.

El segundo parámetro para el cual se definen nuevos escenarios es $\gamma_1\%$. Este valor corresponde al piso para el costo de recapitalización de los bancos en incumplimiento, a partir del cual se considera que un evento es de carácter sistémico, si también existe una intersección con los variables asociadas a los depósitos, según lo explicado en la sección III. En la literatura este umbral se define en torno al 3%, pero aquí se analiza un valor de 1% y 2%, que son definiciones más conservadoras. Por lo anterior, las probabilidades de incumplimiento podrían subir.

Cabe destacar que, más allá de los efectos individuales de los parámetros mencionados anteriormente sobre la probabilidad de crisis bancaria, este análisis se centra en los cambios en esta probabilidad ante los distintos requisitos de capital. Considerando que el capital objetivo más estable en el tiempo corresponde a aquel en que el cargo sistémico y CCoB son activos, se exhiben los cambios de este escenario con respecto a los requisitos actuales, vale decir $k = 3$ en la ecuación 12 para las cuatro definiciones de cambio en probabilidad. Para efectos de comparación, se adjuntan los resultados con la configuración actual de LGD y $\gamma_1\%$.

La tabla 3 contiene los resultados del análisis de robustez explicado anteriormente. En esta se aprecia, en primera instancia, que el cambio en $\gamma_1\%$ de 3% a 2%, tiende a aumentar muy levemente los cambios en la probabilidad, particularmente en las definiciones Δpr_2 y Δpr_3 . Este fenómeno ocurre por que la probabilidad de crisis sistémica sube en mayor proporción en la definición actual de capital,

ampliando la brecha con la definición de capital de Basilea III aquí estudiada. Por otro lado, el cambio del valor desde 2% a 1% no genera efectos, dado que las probabilidades no se alteran. Finalmente, los hallazgos anteriores son transversales a distintos valores de la LGD.

En cuanto al efecto de la LGD, se observa que su consecuencia depende de la definición de cambio en probabilidad usada. Cuando la LGD toma su valor más alto, las probabilidades de incumplimiento se eleva en ambos escenarios de capital, pero lo hace más fuerte en la definición de capital de Basilea III, y, por tanto, el cambio en la probabilidad tiende a disminuir levemente en todas las definiciones. Por otro lado, cuando la PD toma un valor de 45%, prácticamente no se observan cambios, salvo en las definiciones Δpr_2 y Δpr_3 , donde la brecha se acorta sutilmente dado que la probabilidad de crisis, si bien cae en ambas definiciones de capital, lo hace más fuerte en la definición actual. Finalmente, al considerar la LGD más baja, la probabilidad de crisis cae en ambas definiciones de capital. En este caso, el cambio aumenta en las definiciones Δpr_1 y Δpr_4 ya que la probabilidad de crisis cae más fuerte en la definición Basilea III de capital; mientras que lo opuesto ocurre en las definiciones Δpr_2 y Δpr_3 .

Como conclusión de esta parte podemos señalar que aun cuando existen modificaciones en los cambios de probabilidad, todas estas son muy menores, por lo que los resultados de la sección IV son robustos a estos parámetros.

Tabla 3: Cambios en probabilidad para distintos escenarios de $\gamma_1\%$ y LGD_b (%)

		LGD_b			
		Actual	30%	45%	70%
Δpr_1	$\gamma_1\% = 1\%$	0,71	0,80	0,70	0,68
	$\gamma_1\% = 2\%$	0,71	0,80	0,70	0,68
	$\gamma_1\% = 3\%$	0,68	0,73	0,70	0,62
Δpr_2	$\gamma_1\% = 1\%$	1,17	1,07	1,08	0,93
	$\gamma_1\% = 2\%$	1,18	1,07	1,08	0,92
	$\gamma_1\% = 3\%$	1,02	0,99	0,93	0,84
Δpr_3	$\gamma_1\% = 1\%$	1,15	0,96	1,07	0,91
	$\gamma_1\% = 2\%$	1,16	0,96	1,07	0,90
	$\gamma_1\% = 3\%$	0,97	0,93	0,94	0,84
Δpr_4	$\gamma_1\% = 1\%$	0,73	0,91	0,71	0,70
	$\gamma_1\% = 2\%$	0,73	0,91	0,71	0,70
	$\gamma_1\% = 3\%$	0,73	0,79	0,69	0,62

VI. Conclusiones

Este trabajo aporta una metodología para estimar el impacto de cambios en requerimientos de capital sobre la probabilidad de una crisis bancaria en Chile, definida bajo los criterios considerados en este estudio. Este es un insumo fundamental para la estimación del beneficio neto de la adopción de Basilea III en Chile.

La ocurrencia de una crisis bancaria puede tener consecuencias catastróficas para un país, tanto desde un punto vista financiero como en la economía real y social. Es por lo anterior que distintas reformas se han hecho con el objeto de mejorar la fortaleza del sistema bancario ante eventos de tensión financiera. La última versión de estas reformas fue impulsada posterior a la última crisis financiera del año 2008, conocidas como Basilea III.

Chile realizó hace pocos años una reforma a su Ley de bancos, incluyendo nuevos estándares de regulación. Entre los cambios más relevantes se encuentran requisitos adicionales de capital, que, dada su importancia, resulta relevante evaluar su impacto en términos económicos. El efecto de tener un mayor capital se asocia directamente a una menor probabilidad de incumplimiento de los bancos, y con ello una menor probabilidad de ocurrencia de eventos de crisis sistémicas. Dadas las grandes consecuencias que estos eventos pueden generar, una cuantificación de la disminución de su probabilidad se traduce en un importante paso para evaluar los beneficios de los nuevos estándares de capital.

Los resultados muestran que, considerando el escenario de capital más sostenible en el tiempo, la probabilidad de crisis sistémica disminuye en torno a 0,85 puntos porcentuales en promedio, alineado a los efectos reportados internacionalmente, y materialmente importante considerando el impacto sustancial de estos eventos en un país. Adicionalmente, fue posible identificar impactos positivos de cada herramienta particular de la nueva LGB, particularmente del cargo sistémico, CCoB y CCyB. Se observa que, de las tres herramientas anteriores, el mayor aporte marginal viene dado por el CCoB. Así, los hallazgos anteriores, confirman cuantitativamente que la adopción de los nuevos estándares de capital crea un sistema bancario más resiliente a eventos de tensión financiera. Adicionalmente, los resultados son robustos ante distintos valores en la LGD, así como distintos umbrales del costo de recapitalización que define la existencia, o no, de un evento con características sistémicas.

Referencias

- Admati Anat R. & Hellwig, Martin F., 2019. *Bank Leverage, Welfare, and Regulation*. Rock Center for Corporate Governance at Stanford University Working Paper No. 235; Stanford University Graduate School of Business Research Paper No. 3729; MPI Collective Goods Discussion Paper, No. 2018/13.
- Banco de Inglaterra, 2010. *The long-term economic impact of higher capital levels*. Financial Stability Report, June 2010, Box 7.
- BCBS, 2010. *An assessment of the long-term economic impact of stronger capital and liquidity requirements*. Bank for International Settlements.
- BCBS, 2019. *The costs and benefits of bank capital – a review of the literature*. Bank for International Settlements.
- Benczur Peter, Berti Katia, Cariboni Jessica, Di Girolamo Francesca Erica, Langedijk Sven, Pagano Andrea & Petracco Giudici Marco, 2015. *Banking Stress Scenarios for Public Debt Projections*. European Economy - Economic Papers 2008 - 2015. Directorate General Economic and Financial Affairs (DG ECFIN), European Commission.
- Benczur Peter, Cannas Giuseppina, Cariboni Jessica, Di Girolamo Francesca, Maccaferri Sara & Petracco Giudici Marco, 2017. *Evaluating the effectiveness of the new EU bank regulatory framework: A farewell to bail-out?* Journal of Financial Stability.
- Cimon David & Garriott Corey, 2019. *Banking Regulation and Market Making*. Journal of Banking and Finance.
- Comisión Europea, 2014. *Net Benefit of increased capital requirements, bail-in tools and resolution funds*. Economic Review of the Financial Regulation Agenda, Box 4.2.6.
- De Lisa Riccardo, Zedda Stefano, Vallascas Francesco, Campolongo Francesca & Marchesi Massimo, 2011. *Modelling Deposit Insurance Scheme Losses in a Basel 2 Framework*. Journal of Financial Services Research.
- Gómez-Fernández-Aguado P., Parrado-Martínez P. & Partal-Ureña A, 2018. *Risk Profile Indicators and Spanish Banks' Probability of Default from a Regulatory Approach*. Sustainability.
- Hordijk L, & Kancs D, editor(s), Kok C., Ongena S., Pelizzon L., Cariboni J., Heynderickx W., Maccaferri S., Pagano A., & Petracco Giudici M, 2018. *Review of the SYMBOL model*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Laeven Luc & Valencia Fabian, 2018. *Systemic Banking Crises Revisited*. IMF Working Papers 18/206, International Monetary Fund.
- Macroeconomic Assessment Group, 2010. *Assessing the macroeconomic impact of the transition to stronger capital and liquidity requirements*. Bank for International Settlements.
- Martinez-Miera David & Repullo Rafael, 2019. *Monetary Policy, Macroprudential Policy, and Financial Stability*. CEPR Discussion Paper No. DP13530.
- Rojas-Suarez Liliana, 2015. *Basel III in Chile: Advantages, Disadvantages and Challenges for Implementing the New Bank Capital Standard*. SSRN Electronic Journal. 10.2139/ssrn.2609033.

Sanhueza, Gonzalo, 1999. *La Crisis Financiera de los años Ochenta en Chile: Análisis de sus Soluciones y su Costo*, Economía Chilena, vol. 2, No. 1.

Sironi A & Zazzara C, 2004. *Applying credit risk models to deposit insurance pricing: Empirical evidence from the Italian banking system*. Journal of Banking Regulation.

Zedda Stefano, Campolongo Francesca, Marchesi Massimo, Petracco Giudici Marco & Cariboni, Jessica, 2012. *Macroeconomic cost-benefit analysis of Basel III minimum capital requirements and of introducing Deposit Guarantee Schemes and Resolution Funds*. EUR Scientific and Technical Reports.

