



## Riesgo sistémico en el sistema financiero peruano

CESAR D. CASTRO\*

*En este documento se realiza una medición dinámica del riesgo sistémico bajo un enfoque macroprudencial para los principales bancos del sistema financiero peruano, en el periodo de 1996 a 2013. Se estiman las pérdidas esperadas de patrimonio a un nivel de probabilidad, condicional a un escenario de estrés en el mercado (Marginal Expected Shortfall, MES). En tal escenario, se construyen ratios de apalancamiento y pérdidas esperadas individuales como proporción del sistema. Los resultados muestran que las dos crisis financieras consideradas en la muestra generaron patrones diferenciados en el MES, en el apalancamiento esperado y en las pérdidas esperadas de patrimonio respecto al total. En particular, los bancos con fuerte presencia de capitales extranjeros fueron los más sensibles a la reciente crisis financiera internacional.*

**Palabras Clave** : Riesgo sistémico, *Expected Shortfall*, estrés financiero, apalancamiento  
**Clasificación JEL** : E02, G18, G21, G33.

A raíz de la crisis financiera de 2007 a 2009, las autoridades de política encargadas de la estabilización financiera han resaltado la importancia sistémica de las instituciones financieras en el sector financiero y en la economía en general. Instituciones cuya situación de estrés o quiebra podría tener impactos negativos significativos en el sistema financiero y en el sector real, empujando a la economía hacia una recesión profunda y prolongada. En tal sentido, las políticas macroprudenciales son diseñadas para velar por la estabilidad de la economía como un todo, en contraste con el enfoque microprudencial centrado en la estabilidad individual de cada institución financiera.

De acuerdo con Borio (2011), el enfoque macroprudencial toma al riesgo como elemento endógeno respecto al comportamiento colectivo de todas las instituciones financieras, mientras que el enfoque microprudencial trata al riesgo como elemento exógeno respecto al comportamiento de cada institución y del sistema en general. Por otro lado, la literatura, por ejemplo Billio y otros (2011), plantea que el apalancamiento y la interconexión son elementos importantes a tomar en cuenta en el estudio del riesgo sistémico. En este contexto, este documento aplica una medición de riesgo enfocado a capturar las externalidades dentro del sistema financiero generados por fenómenos de apalancamiento, tamaño e interconexión.

\* Superintendencia de Banca, Seguros y Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones del Perú, Los Laureles 214, Lima 27, Perú. Teléfono +511 630-9000 (email: [ccastrot@sbs.gob.pe](mailto:ccastrot@sbs.gob.pe)).

Este documento se deriva de la tesis defendida por el autor para obtener el grado de Magíster en Economía por la Pontificia Universidad Católica del Perú (Castro, 2013). El autor agradece a Guillermo Moloche, Paul Castillo y Marco Vega por sus acertados comentarios durante la elaboración de este documento. Además, se agradecen las sugerencias enviadas por un árbitro anónimo. Las opiniones plasmadas, errores u omisiones son la responsabilidad del autor.

La metodología utiliza dos puntos claves sobre la forma de medición de riesgo sistémico bajo el enfoque macroprudencial. Primero, las medidas responden al análisis de asignación del riesgo en un punto en el tiempo; segundo, permite el manejo dinámico del riesgo con información pública. Así, se utiliza el *Marginal Expected Shortfall* (MES), definido como la pérdida (por cambios en el precio de sus acciones) que enfrenta un institución cuando las pérdidas del mercado han superado su Valor en Riesgo (VaR) a un nivel de probabilidad. Además, usando esta medida, se plantean indicadores de riesgo sistémico a nivel individual y agregado: apalancamiento y proporción de pérdidas, respectivamente.

El trabajo está organizado como sigue. La sección 1 comprende una revisión del marco teórico. En la sección 2 se describe la metodología. En la sección 3 se presentan los datos utilizados y los resultados. Finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones.

## 1 MARCO TEÓRICO

### *Fuentes de riesgo sistémico*

Un punto fundamental al momento de afrontar el estudio sobre el riesgo sistémico es el discernimiento de las fuentes de donde éste puede surgir. Así, en un contexto bidimensional, [Borio \(2011\)](#) identifica dos fuentes de riesgo sistémico. En la dimensión temporal la fuente es la prociclicidad del sistema financiero, mientras que en la dimensión transversal la fuente es la exposición común e interconexión en el sistema que puede resultar en una quiebra generalizada. Adicionalmente, el [Banco de Inglaterra \(2009\)](#) identifica como fuente de riesgo sistémico a las fallas de mercado que a la vez se derivan de tres fuentes subyacentes: incentivos (riesgo moral, responsabilidad limitada de los accionistas), información (subestimación de escenarios adversos, contagios) y coordinación (incentivos para imitar a otros).

### *Riesgo sistémico y bancos*

A lo largo de la historia, las crisis en los sistemas financieros han sido precedidas por crisis bancarias, crisis de deuda pública (por ejemplo, el caso de la última crisis europea), crisis de balanza de pagos, crisis cambiarias (por ejemplo, durante la crisis asiática y rusa muchos países latinoamericanos experimentaron crisis cambiarias, ver [Berróspide, 2002](#)) o alguna combinación de ellas, como las llamadas crisis gemelas. Asimismo, la evidencia indica que, por lo general, las crisis bancarias recaen en crisis financieras severas, mientras que las crisis de deuda pública o de balanza de pagos recaen en crisis bancarias y posteriormente en financieras, convirtiéndose en crisis generalizada en la economía. Por ello, el análisis del riesgo sistémico para el sector financiero a partir de bancos es fundamental.

En el caso peruano, la liberalización financiera, las privatizaciones y demás políticas de atracción de inversión extranjera que se aplicaron durante los primeros años de la década de los 90, aumentaron fuertemente las colocaciones y los depósitos, elevándose la actividad bancaria de manera significativa ([Rojas, 1999](#)). [Berróspide \(2002\)](#) describe que cuando estalló la crisis asiática en 1997, debido al efecto contagio de los choques externos (disminución de exportaciones), hubo una repercusión adversa sobre la actividad económica en toda Latinoamérica, entre ellos el Perú, que a diferencia del resto de países poseía sólida posición fiscal, tipo de cambio flexible y estabilidad macroeconómica, evitando que se desate una crisis cambiaria. No obstante, en agosto de 1998 se desató la crisis rusa causada por la disminución del precio de las materias primas (básicamente, el precio del petróleo y de los metales), y significó una gran salida de capitales de los estados latinoamericanos, agravándose la situación por la escasez de liquidez y financiamiento. Ello trajo consigo la disminución del crédito al sector real y la disminución de los depósitos, por lo que algunos bancos mostraron síntomas de fragilidad, tales como el Banco de la República (que fue liquidado) y el Banco Latino (que fue puesto en vigilancia). Más adelante, a inicios de

1999, la crisis cambiaria y financiera en Brasil afectó nuevamente al desenvolvimiento bancario, trayendo consigo una contracción del crédito y disminución de la actividad productiva debido a las altas tasas de interés derivadas del alza de las primas por riesgo. Esta situación provocó recesión y generó episodios de estrés cambiario que, a su vez, afectó severamente la capacidad de pago de los agentes, dada la alta dolarización que prevalecía en aquellos años.

En esta sección se ha descrito el protagonismo del sistema bancario en la actividad económica, mostrando que, si bien la intermediación bancaria es un mecanismo que mejora la eficiencia en la asignación de recursos financieros dentro de la economía, es a la vez un amplificador de los ciclos. Por lo tanto, es preeminente analizar el sistema financiero bajo una perspectiva dinámica y acorde a los cambios de estados de ánimo en el mercado (De la Torre e Ize, 2009).

### *Riesgo sistémico y efecto contagio*

Al verificar la importancia del sistema bancario dentro del sistema financiero surge una cuestión acerca de cuáles podrían ser los mecanismos de transmisión desde una fragilidad bancaria individual hacia una fragilidad generalizada. En este punto, emerge un concepto fundamental que acompaña a las crisis financieras, denominado efecto contagio o co-movimientos en los mercados, a través del cual una externalidad negativa originada en alguna institución en particular afecta al sistema.

Por el lado de los depositantes, el riesgo más latente son las corridas bancarias. Chari y Jagannathan (1988) muestran que los individuos con acceso a información acerca de retornos futuros bajos comienzan a hacer retiros, mientras que los individuos no informados se percatan de esto y también comienzan a liquidar sus activos, llevando a una corrida bancaria generalizada. Asimismo, otro riesgo de contagio proviene de los créditos interbancarios, que en tiempos buenos son una manera eficiente de enfrentar choques de liquidez, pero que en situaciones de tensión pueden convertirse en un canal de contagio que puede desencadenar crisis sistémicas (ver Allen y Gale, 2000; Freixas y otros, 2000).

### *Riesgo sistémico y riesgo moral*

El riesgo moral es una fuente de riesgo sistémico subyacente a las fallas de mercado. En esta línea, Dowd (2009) realza el rol que jugó el riesgo moral al anidar la crisis de hipotecas, mencionando que el manejo de las herramientas estadísticas de medición de riesgo no había sido el apropiado, incluso comparando el mecanismo de tomar riesgo con un juego de azar. Asimismo, por haberse tornado el sistema en un cúmulo de riesgos subsidiados, debido a la compra de seguros a los títulos respaldados por hipotecas, se quitaban los incentivos a los bancos para vigilar los préstamos.

La cantidad de CDO (*Collateralized Debt Obligations*) y CDS (*Credit Default Swap*) que había en el mercado, la ausencia de métodos efectivos de valorización de las mismas y la débil regulación, fueron piezas claves para que se incremente en pocos años el riesgo sistémico y estalle la consecutiva crisis. En palabras de De la Torre e Ize (2009) “el riesgo moral lleva la semilla de su propia destrucción”.

### *Revisión de literatura empírica*

El riesgo sistémico debe ser tratado consistentemente con el enfoque macroprudencial, incluyendo un análisis de externalidades causadas por la interconexión y la evolución dinámica de las mismas. Así, principalmente en años posteriores a la crisis, se han desarrollado diversos enfoques metodológicos para la evaluación y medición del referido riesgo.

Un enfoque que predomina, básicamente dado que involucra a muchísimas instituciones financieras, es el enfoque de redes basado en el análisis de nodos, cuyo fundamento teórico es prestado de otras

ciencias y aplicado en lo que los promotores denominan redes financieras (ver [Haldane, 2009](#); [May y Arinaminpathy, 2009](#); [Gay y Kapadia, 2010](#)). La intuición detrás de estos modelos es que si hay un choque ligero en el sistema, el riesgo generado se disipará y el propio mercado, de manera automática, volverá a estabilizarse. En cambio, si el choque es severo y afecta de manera similar a otro componente del sistema, como consecuencia traerá consigo una quiebra generalizada del mismo. Para obtener un mejor ajuste, este método requiere un mercado grande donde la interconexión sea suficientemente compleja. Su aplicación al caso peruano no resulta muy apropiada debido a que su sistema financiero es relativamente pequeño.

[Billio y otros \(2011\)](#) desarrollan un modelo con sesgo hacia el análisis de redes, enfatizando que la medición de riesgo sistémico para el caso de los Estados Unidos va más allá de sólo bancos y, por ello, introducen al análisis a los administradores de fondos de cobertura (*Hedge Funds*), compañías de seguro y corredores de bolsa. Para hacer la medición proponen dos enfoques: (i) el método de Análisis de Componentes Principales (ACP), que los lleva a concluir que las correlaciones entre los retornos de estas compañías habían aumentado en los últimos años, lo que indicaría que el grado de vinculación también había aumentado, con la particularidad de que en periodos de crisis las correlaciones entre los retornos de los bancos y las compañías de seguros son las que más crecen y pueden servir como una advertencia; y (ii) el análisis dinámico a través de pruebas de causalidad *a la* Granger, para verificar si el retorno de alguna institución anticipa la evolución del retorno de otra. Encuentran que, en periodos de crisis, el número de relaciones de causalidad se incrementa.

Otros enfoques han basado sus propuestas sobre el método de Pérdida Esperada o *Expected Shortfall* (ES) y el Valor en Riesgo (VaR). [Acharya y otros \(2010\)](#) proponen un modelo económico sencillo de riesgo sistémico, y miden la contribución de cada institución financiera al riesgo sistémico a través del método ES, argumentando que los bancos internalizan las externalidades de sus acciones hacia el sistema financiero si se les aplica un impuesto según el grado de sus aportes marginales a la pérdida esperada sistémica (*Systemic Expected Shortfall*, SES). En esta misma línea, [Brownlees y Engle \(2015\)](#) usan el *Marginal Expected Shortfall* (MES) en un entorno bivariado, analizando las pérdidas de capital que sufrirían las instituciones financieras cuando el mercado alcanza pérdidas más allá de un umbral predefinido. Sobre esta base, proponen un índice de riesgo sistémico (*SRISK index*) fundamentado en la teoría de [Acharya y otros](#). Por su parte, en [Banulescu y Dumitrescu \(2012\)](#) se propone el *Component Expected Shortfall* (CES) como una alternativa que busca mejorar la metodología MES, midiendo la contribución absoluta de una institución al riesgo del sistema financiero.

Una notable aplicación del VaR a la medición del riesgo sistémico fue propuesta en [Adrian y Brunnermeier \(2011\)](#), donde se calcula el VaR dinámico del sistema condicionado al VaR de una institución financiera (CoVaR). La contribución de cada institución al riesgo sistémico es capturada por el *Delta Conditional Value at Risk* ( $\Delta\text{CoVaR}$ ), una medida que es definida como el CoVaR del sistema cuando una determinada firma se encuentra en situación de tensión, menos el CoVaR del sistema cuando la misma firma se encuentra en una situación normal. [Cao \(2013\)](#) propone una extensión y modela el VaR del sistema condicional a una situación de tensión simultánea de un grupo de instituciones (Multi-CoVaR), y aplica la metodología del valor de Shapley para asignar el riesgo sistémico a cada institución. El CoVaR es aplicado al sistema bancario tailandés por [Roengpitya y Rungcharoenkitkul \(2011\)](#), quienes estudian la interconexión en una muestra de 6 bancos, evaluando el comportamiento del CoVaR de cada institución respecto al estado de ciertos indicadores en las hojas de balance de las instituciones (nivel de préstamos, depósitos, activos interbancarios, acciones comunes, utilidades retenidas, depósitos interbancarios, entre otros). El aporte es mostrar la utilidad de este tipo de análisis para ser usado como herramienta por los reguladores, pues permitiría conocer cuál es la variable en la hoja de balance del banco que explica mejor la significancia sistémica del banco y sobre la cual se debería hacer alguna vigilancia.

Para el caso peruano, [Espino y Rabanal \(2011\)](#) usan las hojas de balance de todo los bancos del sistema

peruano para analizar el grado de vulnerabilidad y el nivel de riesgo sistémico bajo un enfoque estático de ratios de participación, concluyendo que para el caso peruano no hay considerable nivel de riesgo de interconexión y, por lo tanto, es bajo el riesgo sistémico. Dejan abierta la posibilidad que esto cambie si introducimos choques dentro de algún modelo que se pueda diseñar.

## 2 METODOLOGÍA

Para efectos de esta investigación se asume que los mercados son eficientes. Así, los precios de las acciones de las firmas financieras y el índice General de la Bolsa de Valores de Lima (IGBVL) reflejan toda la información económica de los bancos y el mercado, respectivamente. La rentabilidad calculada como variación porcentual de dichas variables es modelada dentro del enfoque *Expected Shortfall* que, según [Acerbi y Tasche \(2002\)](#), satisface las cuatro propiedades de una medida de riesgo coherente propuestas por [Artzner y otros \(1999\)](#). A saber: monotonicidad, homogeneidad positiva, invariancia ante traslaciones y subaditividad.

Específicamente, se utiliza el *Marginal Expected Shortfall* (MES) definido como el ES de cada banco, condicional a que las pérdidas de mercado han superado su nivel de VaR (estrés financiero).

$$\text{MES}_t^i = \mathbb{E}(r_t^i \mid r_t^m < \text{VaR}^m),$$

donde  $r_t^i$  es la rentabilidad del banco  $i$ ,  $r_t^m$  es la rentabilidad del mercado y  $\text{VaR}^m$  es el valor en riesgo del mercado (ver [Anexo A](#)). Esta medida de riesgo constituye la pérdida que sufre una institución cuando el mercado ha ingresado a un escenario de tensión o crisis. De esta manera, se vincula la rentabilidad del mercado con la rentabilidad individual de una institución, siguiendo a [Brownlees y Engle \(2015\)](#). Así, el modelo queda expresado como sigue:

$$r_t^m = \delta_t^m \epsilon_t^m, \quad (1)$$

$$r_t^i = \delta_t^i \rho_{im,t} \epsilon_t^m + \delta_t^i \xi_t^i \sqrt{1 - \rho_{im,t}^2}, \quad (2)$$

donde  $\epsilon_t^m$  y  $\xi_t^i$  se distribuyen idéntica e independientemente con media cero y varianza unitaria, por lo que  $\delta_t^i$  y  $\delta_t^m$  son las desviaciones estándares correspondientes al retorno de la institución  $i$  y del mercado, respectivamente, y  $\rho_{im,t}$  es la correlación entre la rentabilidad de una institución  $i$  y la del mercado. De las ecuaciones anteriores se llega a plantear el MES como sigue:

$$\begin{aligned} \text{MES}_t^i &= \delta_t^i \mathbb{E} \left( \rho_{im,t} \epsilon_t^m + \xi_t^i \sqrt{1 - \rho_{im,t}^2} \mid \epsilon_t^m < \frac{\text{VaR}^m}{\delta_t^m} \right) \\ &= \delta_t^i \rho_{im,t} \mathbb{E} \left( \epsilon_t^m \mid \epsilon_t^m < \frac{\text{VaR}^m}{\delta_t^m} \right) + \delta_t^i \mathbb{E} \left( \xi_t^i \mid \epsilon_t^m < \frac{\text{VaR}^m}{\delta_t^m} \right) \sqrt{1 - \rho_{im,t}^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

La construcción de la ecuación (3) implica el cálculo de las volatilidades, correlaciones cambiantes en el tiempo y las expectativas de cola para los residuos estandarizados. Para modelar las volatilidades condicionales se utiliza una especificación TARCh (1,1,1), denominado modelo de heterocedasticidad condicional autorregresivo con umbral, mientras que para modelar las correlaciones condicionales se utilizó el modelo de correlación condicional dinámica (DCC, por sus siglas en inglés). Ver [Anexo A](#). Las expectativas de cola son halladas mediante un promedio simple sobre los valores de  $\epsilon_t^m$  y  $\xi_t^i$  en los casos donde se cumple la condición  $\epsilon_t^m < \text{VaR}^m / \delta_t^m$ . El VaR de mercado ( $\text{VaR}^m$ ) es tomado de [Castro](#)

(2013), quien estima que, con un 5 por ciento de probabilidad, se ubicaría en  $-5.08$  por ciento.

Posteriormente, para mostrar el riesgo individual que representa cada institución en el sistema, se plantea el siguiente indicador:

$$L_t^i = \frac{A_t^i}{P_t^i(1 - \text{MES}_t^i)} \leq k, \quad (4)$$

donde  $L_t^i$  es la estructura de apalancamiento esperado a un nivel de probabilidad,  $A_t^i$  es el nivel de activos del banco  $i$ ,  $P_t^i$  es el patrimonio contable de la institución  $i$  y  $k$  es un umbral referencial. Este ratio de apalancamiento sería alcanzado por el banco bajo un escenario de tensión con cierto nivel de probabilidad. Es decir,  $L_t^i$  muestra la cantidad de veces que los activos se apalancarían respecto al patrimonio del banco dado el evento de estrés. El umbral de referencia  $k$  puede tomar un valor como 12.5 (inversa de 8 por ciento).<sup>1</sup> Además del apalancamiento, se puede hacer un seguimiento al riesgo agregado, definiendo la proporción de pérdida que representaría una institución en relación a la pérdida total:

$$rs_t^i = \frac{P_t^i \times \text{MES}_t^i}{\sum_{i=1}^n P_t^i \times \text{MES}_t^i}, \quad (5)$$

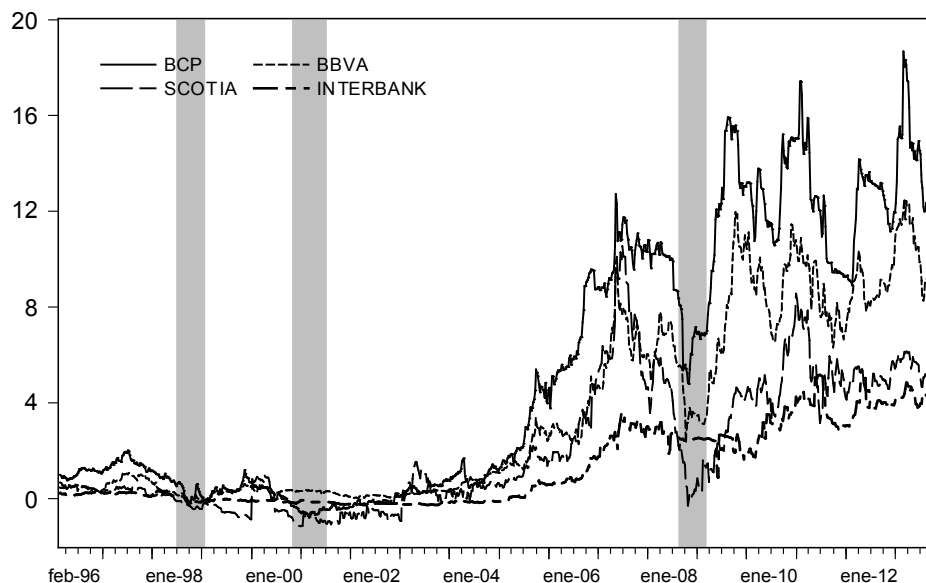
Este indicador mide el porcentaje que representa la pérdida individual esperada respecto al total de pérdidas esperadas. Complementado con (4), ayuda a evaluar mejor una institución. Por ejemplo, si un banco tuviera pérdidas representativas como porcentaje del mercado y, a la vez, mantuviera bajos niveles de apalancamiento en una situación de estrés, en general no representaría un gran problema. De otro lado, si un banco tuviera grandes pérdidas como porcentaje del mercado y, a la vez, mantuviera un nivel creciente de apalancamiento esperado en situación de estrés, probablemente llegue a generar externalidades negativas importantes al sistema.

Las principales variables implicadas en las metodologías revisadas buscan reflejar la situación económica y financiera de las instituciones, así como del mercado. [Adrian y Brunnermeier \(2011\)](#) utilizan la rentabilidad de los activos a valor de mercado tanto para las instituciones como para el sistema, siendo calculada para este último como un promedio ponderado de las rentabilidades individuales. [Acharya y otros \(2010\)](#) y [Brownlees y Engle \(2015\)](#) utilizan la rentabilidad bursátil del patrimonio de las instituciones. Además, en lugar de la rentabilidad del sistema, introducen la rentabilidad del mercado utilizando el índice de mercado ponderado construido por la Universidad de Chicago (CRSP).

El presente documento utiliza la rentabilidad bursátil de las acciones de los principales bancos y la rentabilidad del índice de mercado (IGBVL). La variación del precio de las acciones es una variable útil al aproximar el valor patrimonial que los bancos alcanzarían en tiempos de tensión o crisis. Dicha aproximación podría ser hecha mediante el retorno de la capitalización bursátil. No obstante, durante la elaboración del estudio se ha evidenciado la limitada calidad y cantidad de los datos para el caso peruano. Asimismo, el comportamiento del volumen de acciones en circulación es irregular y no necesariamente responde a cambios en la situación financiera del banco o del mercado, distorsionando el análisis.

El uso de la rentabilidad del índice de mercado se debe principalmente al tamaño muestral limitado (cuatro principales bancos), donde el banco más grande representa casi el 50 por ciento de los activos de la muestra. En este contexto, el uso de la rentabilidad promedio ponderada (*proxy* de la rentabilidad del sistema) se desvirtúa, pues existiría una alta correlación entre la rentabilidad del sistema y del banco

<sup>1</sup> El Comité de Basilea, por ejemplo, establece requerimientos de capital como el 8 por ciento de los activos ponderados por riesgo (APR). Sin embargo, en este documento se calcula sobre el total de activos del balance. La introducción de los APR y/o umbrales con mayor fundamento prudencial queda para futuras investigaciones.

**GRÁFICO 1.** Diferencia entre capitalización bursátil y patrimonio contable (mls. S/.)

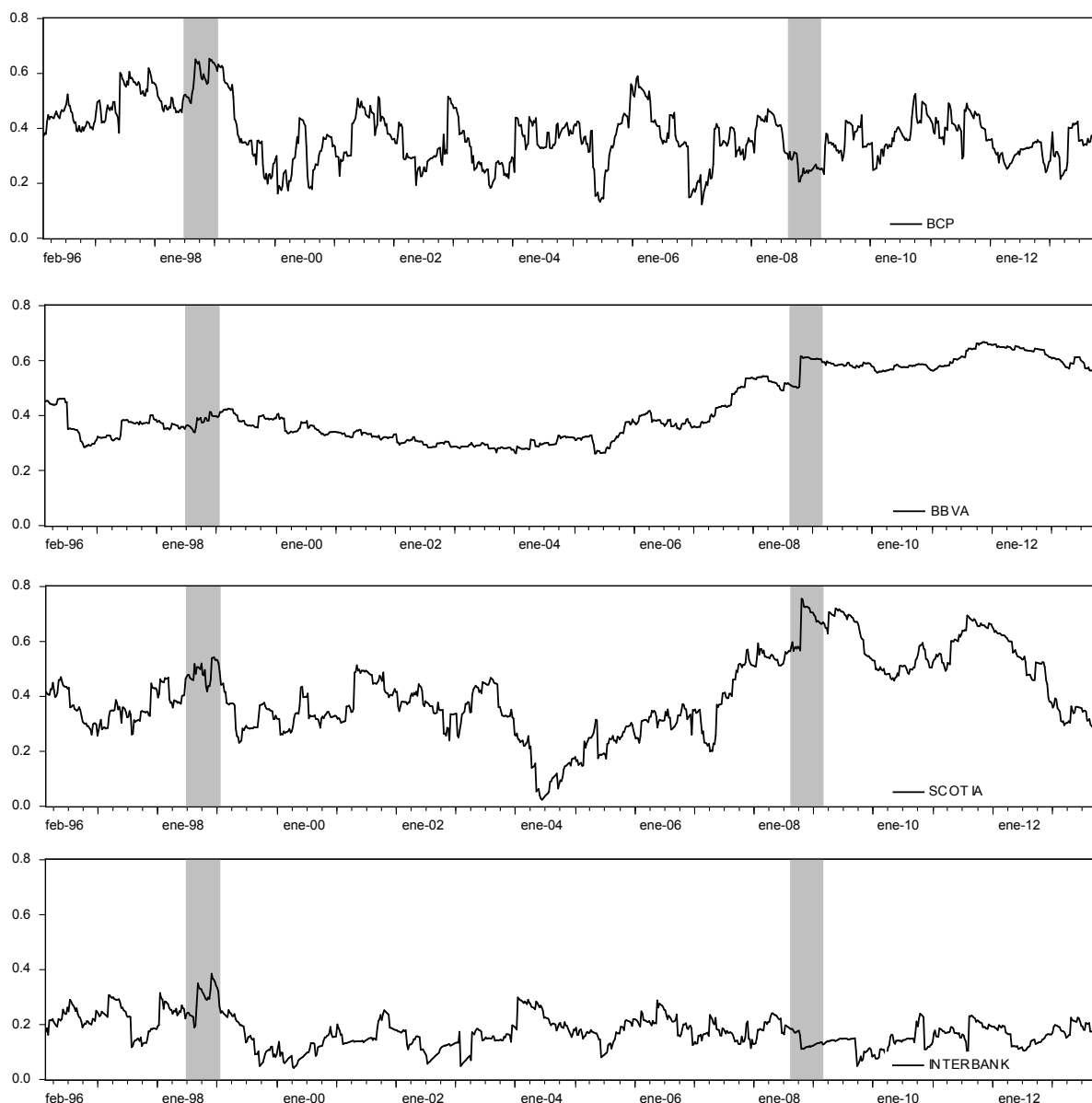
más grande, condicionado a su tamaño. Por otro lado, la noción de riesgo sistémico involucra no sólo al sistema financiero, sino también al sector real. Es decir, existe la probabilidad de que una situación de tensión o crisis en el sistema financiero se traslade al sector real o viceversa. Así, en línea con algunos estudios citados, el índice de mercado recoge de manera razonable la situación de la economía en general.

Es conveniente precisar por qué las pérdidas esperadas calculadas en base al mercado son aplicadas al patrimonio contable. El Gráfico 1 muestra la diferencia entre la capitalización bursátil y el patrimonio contable. Usualmente, la capitalización bursátil es mayor al patrimonio contable. Sin embargo, durante episodios de tensión como a finales de los 90, inicios de 2000 y setiembre de 2008, la diferencia oscila alrededor de cero. Es decir, la capitalización bursátil se parece al patrimonio contable en épocas de crisis, justificando así la asociación de las pérdidas que ocurrirán en el mercado al patrimonio contable.

### 3 DATOS Y RESULTADOS

Se usan datos de frecuencia semanal de enero de 1996 a noviembre de 2013, capturando la crisis de 1997-1998 y la crisis 2007-2009. El precio de las acciones de los bancos y el IGBVL son extraídas de *Bloomberg* mientras que el tamaño de los activos y patrimonio son obtenidos en frecuencia mensual de la información pública de la SBS, convertidos a frecuencia semanal a través de interpolación lineal. El Cuadro 1 muestra los resultados de las estimaciones de la modelación de las volatilidades y correlaciones condicionales, detalladas en el Anexo A.

Los parámetros de asimetría ( $\gamma$ ) que alcanzan valores superiores corresponden al mercado, BCP y Scotiabank, indicando que tales entidades presentan mayor sensibilidad en sus volatilidades condicionales asociadas a choques negativos. Es decir, presentan mayor volatilidad en escenarios de rentabilidad negativa. Por otro lado, a excepción de Scotiabank, las otras instituciones y el mercado tienen una memoria relativamente corta en las volatilidades condicionales ( $\beta$  menor), lo que indicaría una mayor curtosis en estos casos. Finalmente, estas volatilidades son más sensibles a las innovaciones ( $\alpha$  mayor) producidas en periodos previos. En lo que respecta a los parámetros de la estimación DCC, para el caso de BBVA y Scotiabank, se muestra que hay mayor persistencia ( $\beta$ ) en las correlaciones condicionales y menor reacción ( $\alpha$ ) de las correlaciones ante cambios en la volatilidad. Por su parte, BCP mantiene menor

**GRÁFICO 2.** *Correlación dinámica de BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank con el mercado*

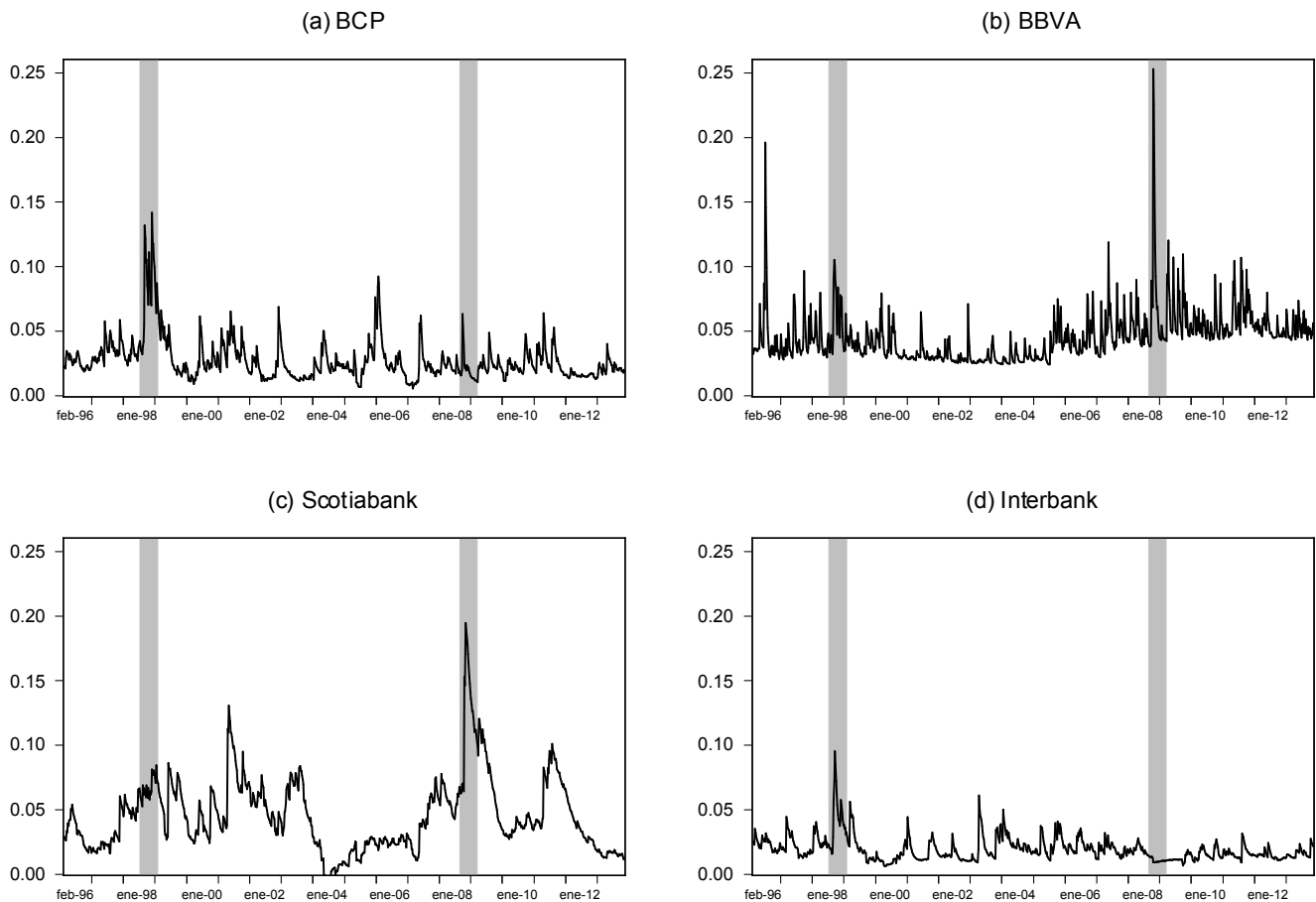
persistencia en sus correlaciones pero éstas reaccionan en mayor grado ante cambios en la volatilidad.

Para construir el MES, en el Gráfico 2 se reporta el comportamiento de las correlaciones con el

**CUADRO 1.** *Estimaciones TARCH y DCC*

	TARCH				DCC	
	$W$	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Mercado	0	0.33	0.08	0.53		
BCP	0	0.17	0.09	0.68	0.0406	0.9205
BBVA	0	0.34	-0.02	0.42	0.0097	0.9873
Scotiabank	0	0.04	0.09	0.92	0.0292	0.9583
Interbank	0	0.15	0.02	0.74	0.0220	0.9324

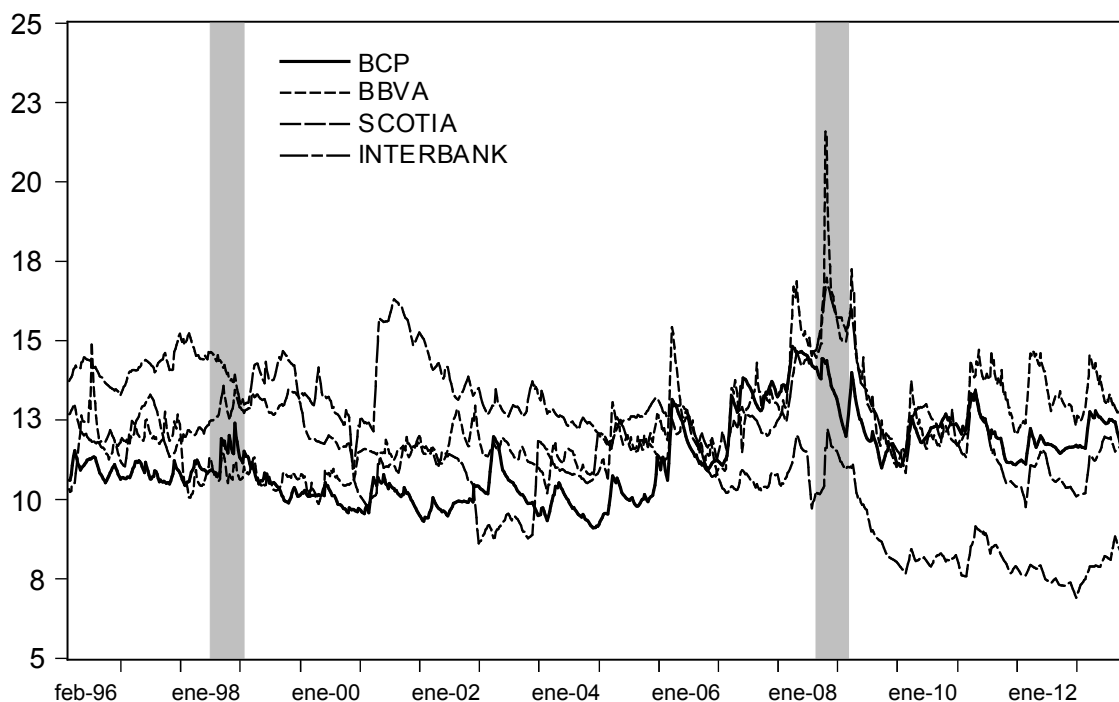


**GRÁFICO 3.** Marginal Expected Shortfall (MES) de BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank

mercado cambiantes en el tiempo para BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank. Se observa que a finales del año 1996 las correlaciones fueron relativamente bajas y durante la crisis asiática y rusa (1997-1998) éstas comenzaron a subir hasta llegar a un máximo alrededor de diciembre de 1998. Tras ello, BCP mantuvo correlaciones estables en promedio y no mostró sensibilidad a la crisis de 2008, mientras que BBVA mantuvo una correlación que en promedio no varió demasiado hasta mediados de 2005, a partir del cual tomó una ligera tendencia positiva que alcanzó un salto significativo a finales de setiembre de 2008. Asimismo, Scotiabank (antes Wiese Sudameris) llegó a un nivel mínimo de correlación a mediados de 2004 a partir del cual tomó una tendencia positiva, siendo mayor a partir de 2007 y llegando a un máximo en el tercer trimestre de 2008. De manera general, las correlaciones de las instituciones con el mercado a finales de los 90 llegaron a alcanzar picos relevantes.

Usando las volatilidades y correlaciones estimada se construye el MES para cada banco, a un nivel de probabilidad de 5 por ciento. Esto indica la pérdida esperada de una institución cuando el mercado ha superado 5.08 por ciento de pérdidas (VaR). En el Gráfico 3 se aprecia que a fines de 1998 todos los bancos tienen un repunte en sus pérdidas esperadas, de manera más significativa BCP e Interbank. En adelante, las instituciones enfrentan menores niveles de MES, reflejo de la mejora del contexto financiero generada por la celebración del convenio de integración entre el grupo Wiese y Sudameris a inicios de 1999 (ver [Congreso del Perú, 2002](#)). Durante la crisis de 2008, BCP muestra una ligera respuesta en el tercer trimestre, mientras que el precio de las acciones de Interbank deja de oscilar, quitándole volatilidad a su pérdida esperada. Por otro lado, BBVA y Scotiabank fueron los bancos más sensibles a la crisis de hipotecas ya que ambos tuvieron pérdidas considerables en términos esperados. Asimismo, se aprecia

**GRÁFICO 4.** *Apalancamiento esperado al 5 por ciento de probabilidad*



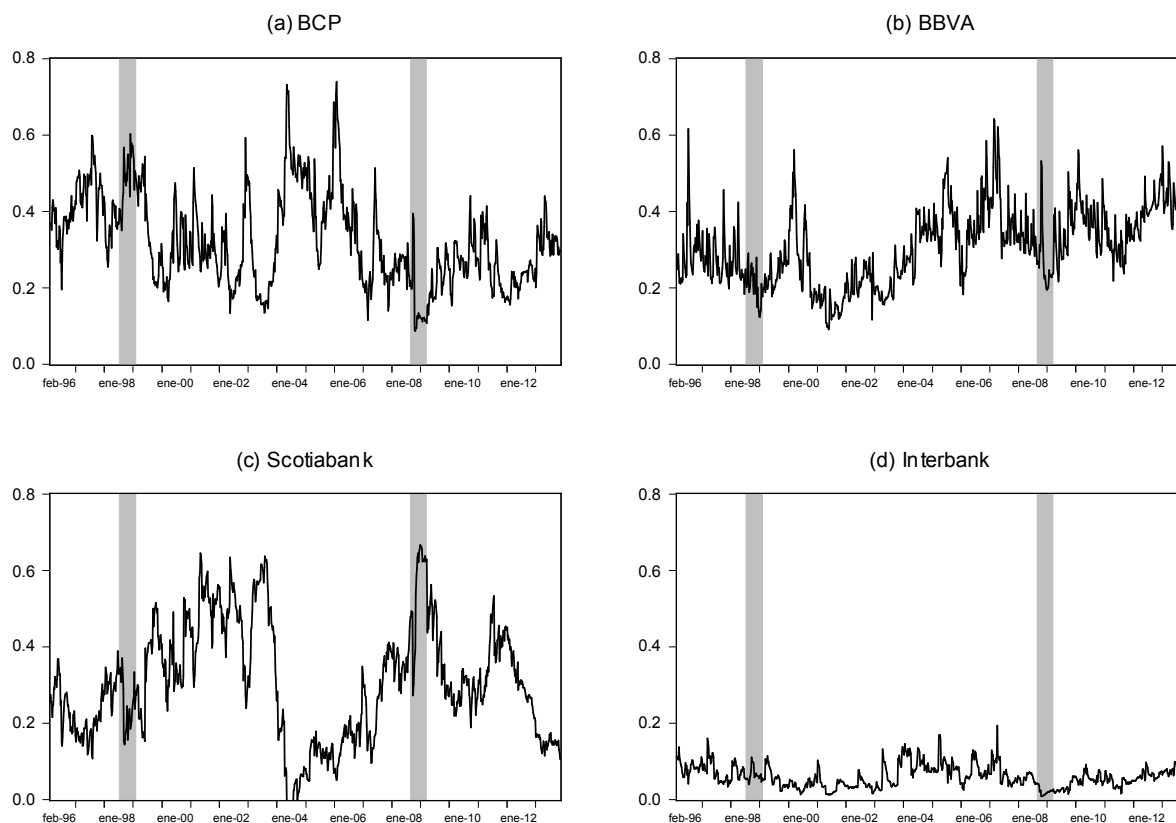
que esta mayor sensibilidad comenzó a mediados de 2005. Posteriormente, en el año 2011, todos los bancos incrementaron la sensibilidad en sus pérdidas esperadas (tras la agudización de la crisis griega). En resumen, el análisis del MES sin incluir el tamaño de capital y patrimonio, muestra que en los últimos años las instituciones más sensibles a escenarios de estrés son BBVA y Scotiabank.

#### *Apalancamiento bajo estrés - Indicador individual de riesgo sistémico*

El Gráfico 4 muestra el indicador  $L_t^i$ , que representa la capacidad de respuesta que tiene la institución para conservar un nivel adecuado de ratio de apalancamiento una vez que ocurre una pérdida de 5.08 por ciento (VaR semanal promedio que alcanzaría el mercado a un 5 por ciento de probabilidad). Si esto hubiera sucedido para cada momento del tiempo, el apalancamiento (activos sobre el patrimonio) habría tenido el comportamiento mostrado. En el periodo entre 1997 y 1998, Scotiabank mostraba una significativa pérdida esperada que ubicaba a su apalancamiento en términos esperados alrededor de 14 veces, lo cual paulatinamente fue mejorando conforme pasó el tiempo hasta enero de 2003. Por su parte, respecto a Interbank tal variable tuvo una tendencia creciente hasta finales de 1999, seguida de una caída a mediados del 2001, mientras que BCP y BBVA mantuvieron ratios esperados relativamente estables e inferiores a 12.5 veces durante tal periodo. A partir de 2007 estos ratios esperados comenzaron a crecer de manera generalizada (a excepción de Scotiabank) hasta llegar a un máximo en setiembre de 2008. Aquí se puede observar que en términos esperados, BBVA perdería mayor patrimonio, ubicando su apalancamiento muy por encima de 12.5.

En resumen, el análisis del riesgo según el nivel de apalancamiento que alcanzarían los bancos en épocas de tensión financiera reporta que, en el periodo previo a 1999, la institución que en términos esperados pudo tener mayor pérdida de capital fue Scotiabank (entidad predecesora), consistente en cierto grado con la fragilidad que enfrentó el Banco Wiese en aquel entonces. Las otras instituciones consideradas en este estudio mostraron ratios alrededor de 12.5 hasta finales de 2007. Posterior a tal año, a inicios del último trimestre de 2008, el banco con mayor pérdida de capital habría sido BBVA, mientras

GRÁFICO 5. Riesgo agregado



que Scotiabank, en contraste al episodio previo de 1999, habría reflejado mayor fortaleza contra pérdidas de capital en términos esperados.

#### *Riesgo agregado - Indicador agregado de riesgo sistémico*

Se han determinado las pérdidas que habrían sufrido los bancos bajo escenarios de estrés en el mercado, así como su capacidad de mantener ratios deseables de apalancamiento en términos esperados. A continuación, pasamos al análisis del tamaño de las pérdidas individuales sobre el total, el indicador  $rs_t^i$ . Este indicador es fundamental para comprender si la institución que enfrenta (en términos esperados) niveles bajos de capital representa una amenaza significativa al sistema.

En el Gráfico 5 se muestra que el nivel de pérdidas esperadas para Scotiabank llegó a cerca del 30 por ciento del sistema a mediados de 1999. Además, se vio que su apalancamiento crecería más que los otros (ver Gráfico 4). Estas dos características muestran la significancia sistémica del banco en aquellos años. Por otro lado, Interbank pudo enfrentar una pérdida esperada considerable en 2001, pero no representó gran porcentaje de pérdidas respecto a todo el sistema. Mientras tanto, BCP es el banco que mantuvo mayores pérdidas esperadas como porcentaje del sistema hasta inicios del 2007. Sin embargo, su ratio de apalancamiento en términos esperados mantuvo niveles conservadores hasta esa fecha. En periodos posteriores, si bien tal ratio crece, su contribución al riesgo agregado cae. Asimismo, BBVA ha mantenido estable su nivel esperado de apalancamiento, así como su contribución al riesgo agregado, a excepción del 2008 donde hubo probabilidad de que pierda un mayor nivel de capital. Sin embargo, en tal fecha cayó su contribución al riesgo agregado, por lo que ambos efectos se compensaron.

En general, hasta finales de 2007, BCP fue el banco que en términos esperados pudo haber tenido un mayor nivel de pérdidas como proporción del sistema, mientras que Interbank es la firma cuya pérdida es

poco significativa frente al total en todo el periodo de estudio. No obstante, a partir de 2010 el porcentaje de pérdidas que representa cada firma en el total disminuyó, tanto como para las tres instituciones más riesgosas sistémicamente (BCP, BBVA, Scotiabank), como para Interbank.

## 4 CONCLUSIÓN

Este estudio presenta una medición dinámica del riesgo sistémico en el sistema financiero peruano, reflejando escenarios generados por la crisis asiática - rusa y la crisis financiera 2007-2009. En tal sentido, se han planteado dos indicadores complementarios. El primero refleja la capacidad de respuesta esperada que tienen los bancos para mantener ratios deseables de apalancamiento. El segundo mide la evolución de la pérdida individual de capital respecto a la pérdida total en el sistema, en términos esperados.

Respecto al primer indicador, se aplica el *Marginal Expected Shortfall* (MES) como medida de riesgo, mostrando que en 2008, BBVA y Scotiabank habrían alcanzado mayores niveles de pérdidas en términos esperados a un 5 por ciento de probabilidad, respaldando su carácter de subsidiarias de bancos internacionales, cuyas matrices fueron afectadas considerablemente por la crisis de hipotecas. Sin embargo, mientras que BBVA conseguiría niveles de apalancamiento esperados muy por encima de 12.5 (un umbral de referencia estimado), Scotiabank mantendría mejores ratios (inferiores a 12.5), en contraste al periodo previo a 1999, donde tales ratios se ubicaron por encima de 12.5.

En cuanto a la representatividad de las pérdidas individuales, BCP tuvo participación significativa hasta finales de 2007. Luego, las pérdidas esperadas individuales como porcentaje del total tuvieron comportamientos similares, con excepción de Interbank cuya participación es baja en toda la muestra.

## ANEXO A HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS

- **Valor en Riesgo - VaR:** Desde el punto de vista de una institución financiera, es un estimador estadístico de la máxima pérdida posible durante un periodo determinado, para un nivel  $\alpha$  de probabilidad. Desde el punto de vista de un regulador, es la mínima pérdida en caso de circunstancias extraordinarias. Si se define  $r_i$  como la rentabilidad de la institución  $i$ , entonces:

$$\Pr(r_i < \text{VaR}_i) = \alpha \quad \text{o} \quad \alpha = \int_{-\infty}^{\text{VaR}} f_i(r) dr,$$

donde  $f_i(r)$  es la función de densidad de  $r_i$ .

- **Expected Shortfall - ES:** Es el valor esperado de la pérdida, cuando ésta supera el Valor en Riesgo (VaR). Dado que  $r_i$  es rentabilidad de la institución  $i$ ,

$$\text{ES}_i = \mathbb{E}(r_i | r_i < \text{VaR}) \quad \text{o} \quad \text{ES}_i = \int_{-\infty}^{\text{VaR}} r f_i(r) dr,$$

donde  $f_i(r)$  es la función de densidad de  $r_i$ .

En este documento, el ES de cada institución es calculado condicional a una situación de estrés en el mercado (ver sección 2). Este proceso involucra el cálculo de las volatilidades y correlaciones variantes en el tiempo, siendo relevante describir los modelos de volatilidades y correlaciones que serán usadas.

- **Threshold Autoregressive Conditional Heteroscedasticity - TARCh:** Es una especificación GARCH, donde la varianza condicional de los retornos sigue el siguiente proceso, sea para el mercado  $m$  o para la institución  $i$ :

$$\delta_{k,t}^2 = w_k + \sum_{p=1}^s (\alpha_{kp} + \gamma_k N_{t-p}) r_{k,t-p}^2 + \sum_{q=1}^n \beta_q \delta_{k,t-q}^2 \quad k = \{m, i\},$$

donde  $N_{t-p} = 1$  si  $r_{k,t-p} < 0$  y  $N_{t-p} = 0$  si  $r_{k,t-p} \geq 0$ . El modelo contempla distintos efectos, tanto para retornos negativos como positivos. Este modelo de volatilidad es comúnmente usado para capturar efectos de apalancamiento (ver [Glosteny otros, 1993](#)).

- **Dynamic Conditional Correlation - DCC:** Este modelo se debe a [Engle y Sheppard \(2001\)](#) y [Engle \(2002\)](#), y permite que tanto las volatilidades como las correlaciones sigan un proceso GARCH univariado. La matriz de covarianzas condicional es por definición:

$$H_t = D_t P_t D_t, \quad \text{donde } D_t = \text{diag}(\delta_{k,t}) \quad \text{y} \quad P_t = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{im,t} \\ \rho_{im,t} & 1 \end{bmatrix}.$$

El cálculo de  $P_t$  requiere modelar la correlación de los residuos estandarizados de los retornos,  $\varepsilon_{k,t} = r_{k,t}/\delta_{k,t}$ . Defina  $Q_t$  como la matriz de correlación de  $\varepsilon_{k,t}$ . Si asumimos un GARCH(1,1), la versión matricial del modelo es:

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta)\bar{Q} + \alpha\varepsilon_{t-1}\varepsilon_{t-1}' + \beta Q_{t-1},$$

tal que  $\alpha + \beta < 1$  y donde  $\bar{Q}$  es la matriz de correlación no condicional de los errores estandarizados. La matriz  $P_t$  es recuperada mediante:

$$P_t = \text{diag}(1/\sqrt{q_{kk,t}})Q_t\text{diag}(1/\sqrt{q_{kk,t}})$$

donde  $q_{kk,t}$  es el elemento  $(k,k)$  de  $Q_t$ .

Cabe mencionar que así como en la modelación de las volatilidades se introdujo los efectos de asimetría, puede hacerse una extensión hacia la modelación de las correlaciones usando el DCC - GARCH generalizado asimétrico.

## REFERENCIAS

- Acerbi, C. y D. Tasche (2002), "Expected Shortfall: A natural coherent alternative to Value at Risk", *Economic Notes*, 31(2), 379-388.
- Acharya, V., L. H. Pedersen, T. Philippon y M. Richardson (2010), "Measuring systemic risk", Federal Reserve Bank of Cleveland Working Paper 1002.
- Adrian, T. y M. A. Brunnermeier (2011), "CoVaR", NBER Working Paper 17454.
- Allen, F. y D. Gale (2000), "Financial contagion", *Journal of Political Economy*, 108 (1), 1-33.
- Artzner, P., F. Delbaen, J. M. Eber, y D. Heath (1999), "Coherent measure of risk", *Mathematical Finance*, 9(3), 203-228.
- Banco de Inglaterra (2009), "The role of macroprudential policy", Bank of England, Discussion paper.
- Banulescu, G. D. y E. I. Dumitrescu (2012), "Which are the SIFI?: A component expected shortfall (CES) approach to systemic risk", mimeo.
- Berróspide, M. J. (2002), "Fragilidad bancaria y prevención de crisis financiera en el Perú", Banco Central de Reserva del Perú, *Revista Estudios Económicos*, 8.
- Billio, M., M. Getmansky, A. Lo y L. Pelizzon (2011), "Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors", *Journal of Financial Economics*, 104(3), 535-559.
- Borio, C. (2011), "Rediscovering the macroeconomic roots of financial stability policy: Journey, challenges and a way forward", Bank of International Settlements, Working Paper 354.

- Brownlees, C. y R. Engle (2015), "SRISK: A Conditional Capital Shortfall Index for Systemic Risk Measurement", mimeo.
- Cao, Z. (2013), "Multi-CoVaR and Shapley value: A systemic risk measure", mimeo.
- Castro, C. D. (2013), "Medidas dinámicas de riesgo sistémico: Una aplicación al sistema financiero peruano", Pontificia Universidad Católica del Perú, Tesis de Grado (Magíster en Economía).
- Chari, V. y R. Jagannathan (1988), "Banking panics, information, and rational expectations equilibrium", Federal Reserve Bank Working Paper 320.
- Congreso de la República del Perú (2002), "Informe final de investigación: Proceso de salvataje del Banco Wiese".
- De la Torre, A. y A. Ize (2009), "Regulatory reform: Integrating paradigms", World Bank, Policy Research Working Paper 4842.
- Dowd, K. (2009), "Moral hazard and the financial crisis", *Cato Journal*, 29(1), 141-166.
- Engle, R. (2002), "Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models", *Journal of Business Economics & Statistics*, 20(3), 339-350.
- Engle, R. y K. Sheppard (2001), "Theoretical and empirical properties of dynamic conditional correlation multivariate GARCH", NBER Working Paper 8554.
- Espino, F. y A. Rabanal (2011), "Riesgo de interconexión en el mercado interbancario peruano", Banco Central de Reserva del Perú, *Revista Moneda* 148, 13-16.
- Freixas, X., B. Parigi y J. C. Rochet (2000), "System risk, interbank relation and liquidity provision by the central bank", *Journal of Money Credit and Banking*, 32(3), 611-638.
- Gay, P. y S. Kapadia (2010), "Contagion in financial networks", Bank of England, Working Paper 383.
- Glosten, L., R. Jagannathan y D. Runkle (1993) "On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks", *Journal of Finance*, 48(5), 1779-1801.
- Haldane, A. (2009), "Rethinking the financial network", Bank of England, discurso pronunciado en la *Financial Student Association*, Amsterdam.
- May, R. y N. Arinaminpathy (2009), "Systemic risk: The dynamics of model banking systems", *Journal of The Royal Society Interface*, 7(46), 823-838.
- Roengpitya, R. y P. Rungcharoenkitkul (2011), "Measuring systemic risk and financial linkages in the thai banking system", Bank of Thailand, Discussion Paper 02-2010.
- Rojas, J. (1999), "El influjo de capitales al Perú, 1990-1998", Pontificia Universidad Católica del Perú, Documento de Trabajo 117.