

# Pontificia Universidad Católica del Perú

## Escuela de Posgrado



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### “Medidas dinámicas de riesgo sistémico: Una aplicación al sistema financiero peruano”

Tesis para optar el grado de Magíster en Economía

**AUTOR**

**Cesar David Castro Torres**

**ASESOR**

**Guillermo Moloche Velarde**

**JURADOS**

**Paúl Castillo Bardalez**

**Marco A. Vega De la Cruz**

**LIMA - PERÚ**

**2013**

## Resumen

La investigación aplica el Valor en Riesgo (VaR) y *Expected Shortfall* (ES) a la medición de riesgo sistémico bajo un enfoque macroprudencial para el sistema financiero peruano (1995-2012), siendo considerados en el estudio los principales bancos (BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank). La metodología VaR es volcado a la medición de riesgo sistémico mediante la estimación del VaR del mercado condicional al VaR de cada institución financiera (CoVaR); mientras tanto, el ES, mediante la estimación de la pérdida esperada de cada institución financiera condicional a un escenario de estrés en el mercado (*Marginal Expected Shortfall*-MES). Estas medidas de riesgo sistémico – sin asociar a montos monetarios de la hoja de balance de las firmas – muestran que los precios de las acciones de Scotiabank y BBVA son más sensibles a movimientos en los mercados internacionales.

Adicionalmente, se construye dos indicadores de riesgo sistémico usando el *Marginal Expected Shortfall*. El primer indicador consiste en el cálculo de los ratios de apalancamiento introduciendo las pérdidas esperadas. Mientras que el segundo, consiste en el cálculo de las pérdidas esperadas individuales como proporción de las pérdidas esperadas totales del sistema. Los principales hallazgos muestran que a finales de los 90, el banco predecesor de Scotiabank mostraba ratios esperados de apalancamiento por debajo del 8%; mientras tanto, durante la crisis de 2008, en términos esperados, BBVA pudo haber conseguido ratios de apalancamiento alrededor de 5%. Por otro lado, en cuanto a la proporción de pérdidas esperadas, se muestra que BCP mantuvo niveles altos de pérdidas como proporción del total en casi toda la muestra; no obstante, esta proporción ha caído en los últimos años, convergiendo a niveles similares de Scotiabank y BBVA; entretanto, Interbank ha mantenido bajos niveles de participación en las pérdidas esperadas totales durante toda la muestra.

## Contenido

1.	<b>Introducción</b> .....	4
2.	<b>Hechos estilizados</b> .....	6
3.	<b>Planteamiento del problema</b> .....	9
3.1.	Definiendo riesgo sistémico .....	9
3.2.	Planteamiento del problema .....	9
4.	<b>Marco teórico</b> .....	10
4.1.	Riesgo sistémico y bancos .....	10
4.2.	Riesgo sistémico y efecto contagio .....	11
4.3.	Fuentes de riesgo sistémico .....	12
4.4.	Riesgo sistémico y riesgo moral .....	12
4.5.	Medición de riesgo sistémico .....	13
4.5.1.	Características de una buena medida de Riesgo .....	13
4.5.2.	Revisión de literatura teórica relevante .....	13
4.5.2.1.	<i>Valor en Riesgo (VaR)</i> .....	13
4.5.2.2.	<i>Regresión cuantílica</i> .....	14
4.5.2.3.	<i>Expected Shortfall (ES)</i> .....	15
4.5.2.4.	<i>Threshold Autoregressive Conditional Heteroscedasticity - TARCH</i> .....	15
4.5.2.5.	<i>Dynamic Conditional Correlation - DCC</i> .....	16
4.5.3.	Revisión de literatura empírica .....	16
5.	<b>Relevancia empírica</b> .....	19
6.	<b>Hipótesis</b> .....	21
7.	<b>Lineamientos metodológicos</b> .....	23
7.1.	Especificación de las medidas de riesgo. ....	23
7.2.	Los datos .....	26
8.	<b>Resultados</b> .....	26
8.1.	Resultados del análisis Valor en Riesgo (VaR) .....	27
8.2.	Resultados del análisis “ <i>Marginal Expected Shortfall (MES)</i> ” .....	32
8.3.	Implementación de indicadores de riesgo sistémico .....	36
8.3.1.	Apalancamiento bajo estrés .....	36
8.3.2.	Riesgo agregado .....	39
9.	<b>Conclusión</b> .....	41
10.	<b>Bibliografía</b> .....	42

## 1. Introducción

A raíz de la crisis financiera del 2007/2009, los hacedores de política de 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/o 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 al enfoque microprudencial enfocado sobre la estabilidad individual de cada institución financiera.

De acuerdo a Borio (2011), el enfoque microprudencial trata al riesgo como elemento exógeno respecto al comportamiento de cada institución y del sistema en general; mientras que el enfoque macroprudencial toma al riesgo como elemento endógeno respecto al comportamiento colectivo de todas las instituciones financieras. En esta línea, este documento realiza una aplicación de métodos conocidos de medición de riesgo enfocados a capturar las externalidades dentro del sistema financiero generados por fenómenos de interconexión, tamaño y apalancamiento.

La bibliografía contempla cuatro conceptos de consenso creciente que están presentes dentro del análisis de crisis financieras; estos son, Apalancamiento, Liquidez, Interconexión y Pérdidas<sup>1</sup>. Aspectos que sirven como punto de inicio para estudiar el riesgo generalizado en la economía o riesgo sistémico.

En líneas generales, no hay consenso para definir riesgo sistémico; sin embargo, algunas definiciones son las siguientes: i) *Billio y otros (2011)* lo definen como “*cualquier conjunto de circunstancias que amenaza la estabilidad o confianza del público en el sistema financiero*”, ii) *El Banco Central Europeo(2010)* lo define como “*riesgo de inestabilidad financiera tan extendida que afecta el funcionamiento de un sistema financiero hasta el punto donde el crecimiento económico y bienestar material sufre*”, iii) *Schwarcz (2008)* lo define como “*cualquier evento tales como shocks económicos o quiebras institucionales que generan quiebras generalizadas, o consecuencias económicas malas*”, iv) *Roengpitya y Rungcharoenkitkul (2008)* lo define como “*la probabilidad que, si una institución está en peligro, ello posiblemente desencadenen que las otras instituciones también estén en peligro que consecuentemente puede conducir a una corrida bancaria y al colapso financiero cuando un número suficientes de instituciones son afectadas*”.

---

<sup>1</sup> Ver Billio y otros (2011).

La metodología usada en este trabajo ataca dos puntos claves sobre la forma de medición de riesgo sistémico bajo el enfoque macroprudencial. Por un lado, las medidas responden al análisis de asignación del riesgo en un punto en el tiempo y por otro lado, permiten el manejo dinámico del riesgo con datos relativamente fácil de obtener.

Primeramente se hace un análisis de Valor en Riesgo (*VaR*) del mercado variante en el tiempo, condicional al *VaR* individual de cada institución bajo el enfoque de regresión por cuantiles de Adrian y Brunnermeier (2011); en segundo lugar se analiza el “*Marginal Expected Shortfall (MES)*”, definido como la pérdida que enfrenta un institución cuando el mercado ha superado su *VaR* (calculado en el proceso anterior). Asimismo, usando esta medida planteamos indicadores de riesgo sistémico a nivel individual y agregado<sup>2</sup>.

En adelante, el trabajo está organizado como sigue. La sección 2 comprende una breve revisión de algunos hechos estilizados. En la sección 3 se plantea el problema de estudio. La sección 4 presenta un marco teórico y empírico. La sección 5 explica la relevancia empírica del estudio. La sección 6 comprende el planteamiento de la hipótesis. La sección 7 describe los lineamientos metodológicos. En la sección 8 se muestra los resultados y en la sección 9 se presenta las conclusiones de la investigación.

---

<sup>2</sup> Apalancamiento (individual) y proporción de las pérdidas totales que corresponde a cada institución (agregado).

## 2. Hechos estilizados

Durante el periodo de estudio (1995-2012)<sup>3</sup> hubo dos crisis importantes, siendo la crisis de finales de los 90, desatada por la crisis Asiática (ver Paredes, 1999), la que afectó severamente al sistema financiero peruano.

El cuadro 1 muestra el resumen de los recursos del Estado comprometidos a diciembre del 2005 como resultado de los programas efectuados para salvar al sistema del colapso. El total del monto comprometido ascendía a 2285.31 millones de dólares, de los cuales 737.93 millones de dólares comprendía el monto sin saldo por recuperar, que a la vez representó el 1.37% del PBI.

**Cuadro 1: Crisis Bancaria Peruana 1998-2000**

Recursos comprometidos del Estado en el Sistema Financiero al 31/12/2005  
(en millones de dólares)

Programas del Gobierno	Monto Comprometido	Monto Recuperado	Monto sin riesgo	Monto sin Saldo por Recuperar
Banco Wiese	310.8		281.1	29.7
Banco Latino	441.42	109.07		332.35
Primer y Segundo Programa de Canje de Bonos por Cartera	292.95	292.95		0
Programa de Reestructuración FOPE y RFA	79.03			79.03
Programa de Financiamiento COFIDE	633.7	633.67		0.03
NBK Bank (DU 108-2000)	153.8	1.45		152.35
Fondo de Seguro de Depósito (DU 108-2000)	129.75	71.16	58.59	0
<b>SUB TOTAL</b>	<b>2041.45</b>	<b>1108.3</b>	<b>339.69</b>	<b>593.46</b>
Banco en Liquidación	243.86	92.9	6.49	144.47
<b>TOTAL</b>	<b>2285.31</b>	<b>1201.2</b>	<b>346.18</b>	<b>737.93</b>
<b>Porcentaje del PBI</b>				<b>1.37%</b>

PBI a diciembre de 2000, USD 53 902

Fuente: SBS (2006)

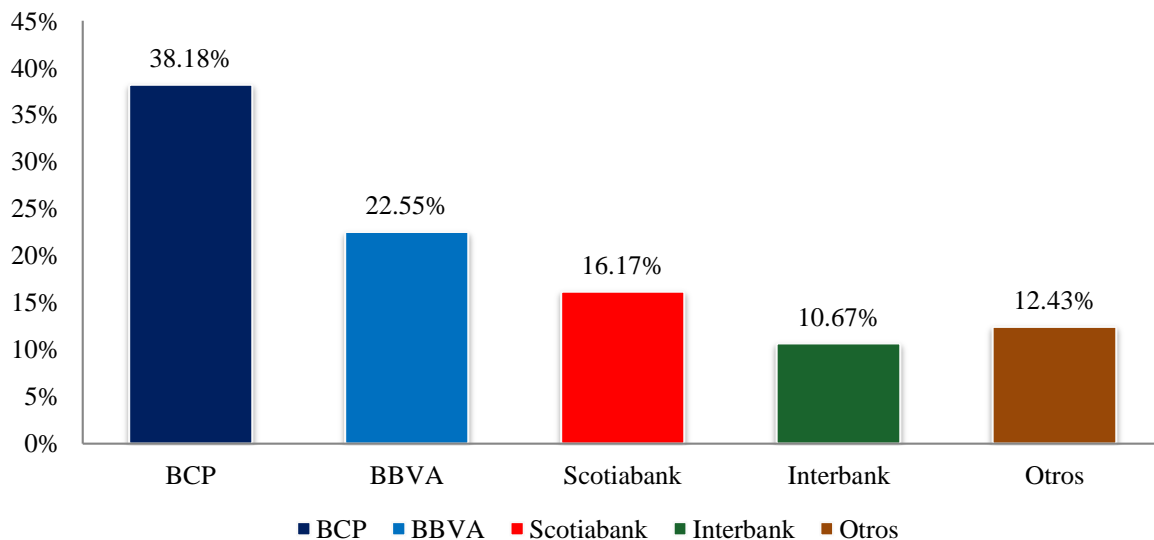
Por otro lado, actualmente en el mercado financiero existen un total de 15 bancos; sin embargo, más del 85 % del total del activo del sector está concentrado en cuatro (BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank). El gráfico 1 muestra la participación de todos los bancos del sistema bancario peruano.

<sup>3</sup> Acotado a este periodo por disponibilidad de datos.

Asimismo, en el gráfico 2 incluimos un análisis de la rentabilidad sobre el patrimonio (ROE)<sup>4</sup> para estos principales bancos; lo cual muestra que, luego de la tensión financiera que se vivió a raíz de la crisis asiática del 97 y de manera más significativa con la crisis rusa del 98, el ROE cayó de manera generalizada hasta ubicarse prácticamente en cero durante la segunda mitad del 2000 y la primera mitad del 2001.

En los años siguientes el ROE del BCP, BBVA e Interbank comenzaron a crecer sostenidamente, mientras que el ROE de Scotiabank mantuvo niveles bajos hasta inicios del 2006, lo que estaría explicado por el complicado proceso de fusión del Banco Wiese con Lima Sudameris en 1999 (ver Informe de la comisión “Wiese” del congreso, 2002) y posterior adquisición de la firma Banco Wiese Sudameris por Scotiabank en 2007. Adicionalmente, cabe resaltar que el crecimiento de la rentabilidad sobre el patrimonio del sector financiero representado por los cuatro principales bancos, se desaceleró luego de la crisis *subprime* en el 2008.

**Gráfico 1: División de los activos totales en el Sistema Financiero<sup>5</sup>**



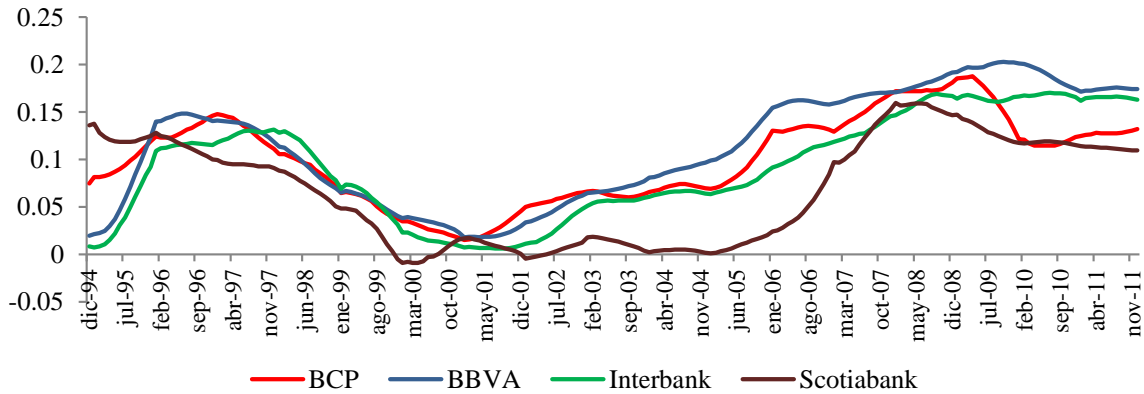
Fuente: SBS.

Elaboración propia

<sup>4</sup> Utilidad neta mensual anualizada sobre patrimonio anual promedio.

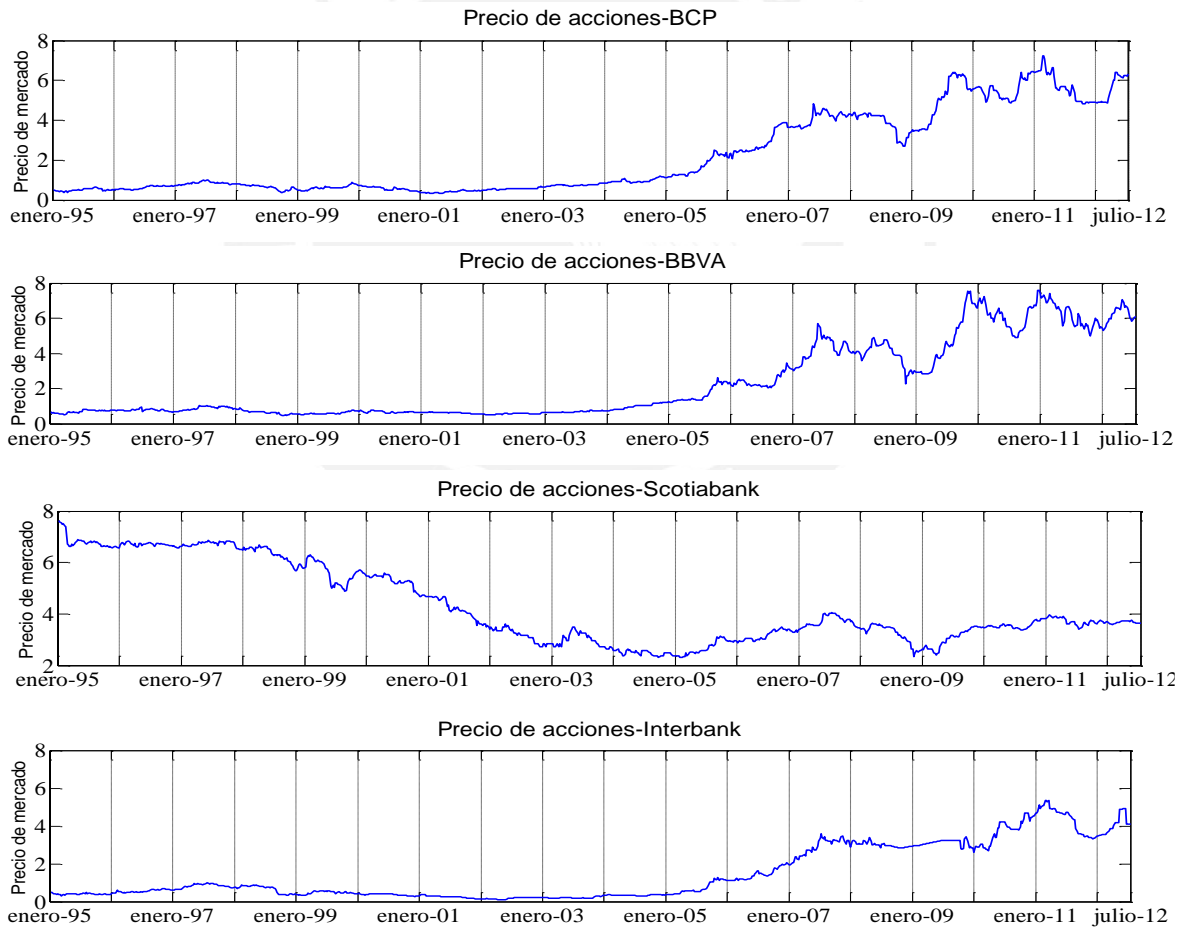
<sup>5</sup> Los valores corresponden al promedio de los últimos 5 años para el sector banca múltiple.

**Gráfico 2: Rentabilidad sobre patrimonio ROE de principales bancos**



Fuente: SBS  
Elaboración propia

**Gráfico 3: Evolución del precio de las acciones de principales bancos<sup>6</sup>**



Fuente: Bloomberg  
Elaboración propia.

<sup>6</sup> El precio de las acciones de Scotiabank está en logaritmos.



Girando hacia el análisis de la evolución de los precios de las acciones de los cuatro bancos considerados en este estudio, el gráfico 3 evidencia que, los precios han tenido una relativa desaceleración después de la crisis asiática y rusa; mostrándose en mayor grado para el caso del precio de las acciones de Scotiabank, que cayó abruptamente en relación a las otras. Esto se debió en gran medida al hecho de que en ese entonces, Banco Wiese mostrara síntomas severos de debilidad frente a los efectos de la crisis rusa, cuya posterior mejora estuvo impulsado por el proceso de salvataje que culminó en la integración con el Banco Lima Sudameris; sin embargo, esto no revirtió la tendencia bajista del precio hasta finales de 2004.

A partir de principios de 2005, los precios comenzaron a subir de manera conjunta y siguieron una tendencia creciente significativa que duró un corto periodo hasta finales de 2007. Posteriormente, hubo un retroceso, llegando a su punto más bajo en el tercer trimestre del 2008 coincidentemente con la quiebra de “*Lehman Brothers*”; a partir de este punto las condiciones se revierten al alza<sup>7</sup>.

### 3. Planteamiento del problema

#### 3.1. Definiendo riesgo sistémico

Para efectos de la investigación, se define riesgo sistémico como la probabilidad de ocurrencia de consecuencias adversas en el sistema financiero y en toda la economía cuando una institución financiera enfrenta pérdidas no esperadas<sup>8</sup>.

#### 3.2. Planteamiento del problema

La política de estabilidad financiera en el periodo pre-crisis estuvo fuertemente sesgado hacia el enfoque microprudencial, bajo el lema: “*el sistema financiero es sólido si y solo si cada institución es sólida*” (ver Borio, 2003 y 2011); no obstante, esta afirmación resta importancia al efecto contagio y a las externalidades dentro del sistema financiero. En contraste; luego de la crisis, los responsables de la política económica han volcado su interés hacia la política macroprudencial, la misma que abarca un marco de regulación y supervisión sistémica.

---

<sup>7</sup> Cabe resaltar que las acciones de Interbank dejan de cotizar desde octubre de 2008 hasta aproximadamente julio del 2009, sin embargo, para efectos de los cálculos posteriores, se hace interpolación lineal para periodos en las que deja de cotizar.

<sup>8</sup> Aquí “no esperada” hace referencia a la pérdida que supera el umbral predefinido (lo que se esperaba que ocurra) con cierto grado de probabilidad. En adelante, cuando se habla de “en términos esperados” se refiere a la esperanza matemática.

En este sentido, De la Torre e Ize (2009) y Borio (2011) plantean dos dimensiones de la política macroprudencial en el sector financiero. Por un lado, la dimensión tiempo que implica el manejo dinámico del riesgo sistémico; por otro lado, la dimensión transversal que implica cómo esta asignada el riesgo entre las instituciones del sistema en un punto en el tiempo.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, se torna relevante la aplicación de herramientas de medición de riesgo sistémico en el sistema financiero peruano que permitan abarcar ambas dimensiones.

## Objetivo

Estimación dinámica del Riesgo Sistémico en el Sistema Financiero Peruano bajo el enfoque macroprudencial.

## 4. Marco teórico

### 4.1. 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<sup>9</sup>, crisis de la balanza de pagos, crisis cambiarias<sup>10</sup>, etc. o situaciones en las cuales hubo combinación de ellas como las llamadas crisis gemelas<sup>11</sup>. Asimismo, la evidencia indica que por lo general las crisis bancarias recaen en crisis financieras severas; mientras tanto, las crisis de deuda pública y de balanza de pagos<sup>12</sup> 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 la los primeros años de la década de los 90 aumentaron fuertemente las colocaciones bancarias y el incremento de los depósitos, elevándose la actividad bancaria de manera significativa (ver Rojas, 1999).

Berróspide (2000) describe que, cuando estalló la crisis asiática en 1997; debido al efecto contagio de los choques externos (disminución de exportaciones), hubo una repercusión adversa a 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 que evitó que se desate una crisis cambiaria. No obstante, en

---

<sup>9</sup> Caso de la Unión Europea.

<sup>10</sup> Durante la crisis asiática y rusa muchos países latinoamericanos lo experimentaron, ver Berróspide (2000)

<sup>11</sup> Cuando una crisis bancaria es seguida de una crisis en la balanza de pagos dentro de los 48 meses siguientes.

<sup>12</sup> Perú 1998.

agosto de 1998 se desata la crisis rusa causada por la disminución del precio de los commodities (básicamente el precio del petróleo y de los metales), significando una gran salida de capitales de los estados latinoamericanos, agravándose la situación por la escasez de liquidez y el financiamiento.

En el Perú esto 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 Banco de la República (que fue liquidada) y el Banco Latino que fue puesto en vigilancia y luego se recuperó.

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 por las altas tasas de interés debido al alza de las primas por riesgo. Esta situación provocó la recesión y generó episodios de devaluación que a la vez afectó severamente la capacidad de pago de los agentes y el deterioro del sistema bancario, consistente con la alta dolarización que prevalecía en aquellos años.

En los pasajes de 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 (Diamond y Dybvig, 1983), 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).

## 4.2. 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 por donde la fragilidad individual se convierte en 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 de alguna institución 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 hacer la liquidación de sus activos, llevando a una corrida bancaria generalizada. Asimismo, otro riesgo de contagio viene de los créditos interbancarios, que en tiempos buenos son una manera eficiente de enfrentar shocks de liquidez; entretanto en situaciones de tensión pueden convertirse en un canal de contagio que puede desencadenar crisis sistémicas (ver Allen y Gale (2000) y Freixas y otros (2000)).

El contagio es una característica clave en la concretización y agudización de las crisis financieras; no obstante, esto surge una vez que se origina un shock negativo inicial en los mercados (quiebra bancaria, disminución de las exportaciones, caída en el precio de los commodities, entre otros). De aquí, se torna importante la identificación de las fuentes de donde surgen estos shocks. A continuación se analiza brevemente este tema.

### 4.3. 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 este puede surgir. Así, en el aspecto dimensional Borio (2011) de manera general identifica dos fuentes de riesgo sistémico.

En la dimensión temporal, la fuente es la prociclicidad del sistema financiero y en la dimensión transversal la fuente es la exposición común e interconexión en el sistema que puede resultar en una quiebra generalizada. Por otro lado, el Banco de Inglaterra (2009) identifica adicionalmente como fuente de riesgo sistémico a las fallas de mercado que a la vez 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).

Estas fuentes de riesgo sistémico son de carácter macroeconómico, y ayudan a implementar medidas de riesgo sistémico acorde a estas características del mercado financiero.

### 4.4. Riesgo sistémico y riesgo moral

En la sección anterior se ha identificado al riesgo moral como una fuente de riesgo sistémico, subyacente a las fallas de mercado. En esta línea, Dowd (2009) entre otras cosas, realiza el rol que jugó el riesgo moral al anidar la crisis *subprime*, mencionando que el manejo de las herramientas estadísticas de medición de riesgo no habían sido los apropiados, inclusive importó más el mecanismo de tomar riesgo como un juego de azar (cara gana, sello pierdes). Asimismo, por ser el sistema como una asunción de riesgos subsidiado, debido a la compra de seguros a los títulos respaldados por hipotecas, se quitaba los incentivos a los bancos por cuidar 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 pieza clave para que se incremente en pocos años el riesgo sistémico y la consecutiva crisis. En palabras de De la Torre e Ize (2009) *“el riesgo moral lleva la semilla de su propia destrucción”*.

Es así que, la implementación de una buena medida de riesgo debe contemplar mecanismos que ayuden a disminuir la posibilidad de ejercer riesgo moral por parte de los agentes financieros. En lo que sigue se describe las características de una buena medida de riesgo sistémico.

## 4.5. Medición de riesgo sistémico

### 4.5.1. Características de una buena medida de Riesgo

La necesidad de monitorear mejor el riesgo, hizo que algunos expertos reunidos en una Conferencia en la Universidad de Chicago (2010), debatieran ciertos puntos acerca de cuáles deberían ser las características de una buena medida de riesgo sistémico. Las cuales pueden ser resumidos como sigue:

- Enfoques con un sólido respaldo teórico.
- Caracterización concisa de riesgo sistémico, que no se preste a interpretaciones distintas al momento de hacer política regulatoria.
- Condena de antemano posiciones o políticas que alienten a ejercer riesgo moral, tales como “*too big to fail*”.
- Fácil de ser replicado y que haga rápida la identificación de posibles perturbaciones en el sistema.

En la siguiente sección se hace una revisión teórica y empírica (básicamente para la economía norteamericana) relevante para efectos de esta investigación.

### 4.5.2. Revisión de literatura teórica relevante

En esta sección presentamos una breve descripción de las medidas de riesgo que nos servirán más adelante para implementar la medición de riesgo sistémico dinámico. Asimismo, se muestran las herramientas econométricas que se utilizarán para abordar el cálculo de estas medidas de riesgo.

- 4.5.2.1. Valor en Riesgo (VaR).**- Desde el punto de vista de una institución financiera, es un estimador econométrico 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.

Sea:  $r_i =$  rentabilidad de la institución "i"

Entonces:

$$\Pr[r_i < VaR_i] = \alpha \text{ ó } \alpha = \int_{-\infty}^{VaR} f_{\alpha}(r_i) dr_i.$$

Donde:  $f(r)$  = es la función de densidad de "r<sub>i</sub>".

En esta investigación, la estimación del VaR cambiante en el tiempo es conseguido mediante una modelación de las rentabilidades en un marco de regresión por cuantiles.

**4.5.2.2. Regresión cuantílica.-** Esta regresión (Koenker y Basset, 1978) busca modelar la relación existente entre dos variables para distintos cuantiles "α" de la distribución de la variable dependiente. En el caso de este documento el valor de "α" es 0.05 y 0.01. Es decir, se modela la cola izquierda de las distribuciones de rentabilidades.

Sea:

$$r_k = X'_t \beta_{\alpha}^k + u_t ; k = i (\text{institución}), m (\text{mercado}).$$

$\beta_{\alpha}$  es el parámetro de la regresión a un nivel α cuantil de la variable dependiente, cuyo estimador minimiza la siguiente expresión:

$$\hat{\beta}_{\alpha}^k = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \rho_{\alpha}(r_k - X'_t \beta_{\alpha}^k)$$

donde:  $\rho_{\alpha}(u) = (\alpha - 1_{u < 0})$ ; denominado "check function".

En la versión extendida sería:

$$\hat{\beta}_{\alpha}^k = \operatorname{argmin} \frac{1}{T} \left[ \sum_{t:r_k \geq X'_t \beta_{\alpha}^k} \alpha |r_k - X'_t \beta_{\alpha}^k| + \sum_{t:r_k < X'_t \beta_{\alpha}^k} (1 - \alpha) |r_k - X'_t \beta_{\alpha}^k| \right]$$

El cálculo del estimador se facilita mediante programación lineal (ver Koenker, 2005). Este estimador representa el efecto marginal de la variable independiente sobre el valor del α cuantil de la variable dependiente.

Otra medida de riesgo relevante que se abordará en la medición de riesgo sistémico está soportada en el "Expected Shortfall". Una medida que posee un mejor respaldo teórico<sup>13</sup> que el VaR.

<sup>13</sup> Ver sección 6.

- 4.5.2.3. Expected Shortfall (ES).**- Es el valor esperado de la pérdida, cuando ésta supera el Valor en Riesgo (VaR).

Sea:  $r_i$  = rentabilidad de la institución "i"

Entonces:

$$ES = E[r_i | r_i < VaR] \text{ ó } ES = \int_{-\infty}^{VaR} r_i f_{\alpha}(r_i) dr_i.$$

Donde:  $f(r)$  = es la función de densidad de " $r_i$ "

**Nota:** el análisis de pérdidas se hace sobre la cola izquierda de la distribución de rentabilidades; por lo tanto, el VaR es negativo.

En este documento, el "Expected Shortfall" de cada institución es hallado condicional a una situación de estrés en el mercado (ver sección 7). Esta modelación involucra el cálculo de las volatilidades y correlaciones variantes en el tiempo. Así, se torna relevante describir los modelos de volatilidades y correlaciones usadas que permiten construir esta medida de riesgo.

- 4.5.2.4. Threshold Autoregressive Conditional Heteroscedasticity - TARCH:** Es una especificación GARCH, donde la varianza condicional de los retornos sigue el siguiente proceso.

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

Donde:

$N_{t-p}$  = indicador tal que:

$$N_{t-p} = \begin{cases} 1 & \text{if } r_{k,t-p} < 0 \\ 0 & \text{if } r_{k,t-p} > 0 \end{cases}$$

El modelo contempla distintos efectos, tanto para retornos negativos y positivos. Este modelo de volatilidad es comúnmente usado para capturar efectos de apalancamiento.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Ver Glosten, Jagannathan y Runkle (1993) ó ver Tsay (2010).

**4.5.2.5. Dynamic Conditional Correlation - DCC<sup>15</sup>:** Este modelo se debe a Engle (2002) y Engle y Sheppard (2001) y permite que la correlación cambie en el tiempo. El modelo asume que tanto la volatilidades y las correlaciones siguen un proceso GARCH univariado.

La matriz condicional de covarianzas es por definición:

$$H_t = D_t P_t D_t$$

$$D_t = \text{diag}(\sqrt{\delta_{kk,t}}) = \begin{bmatrix} \sqrt{\delta_{kk,t}} & 0 \\ 0 & \sqrt{\delta_{kk,t}} \end{bmatrix}$$

$$P_t = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{im,t} \\ \rho_{im,t} & 1 \end{bmatrix}$$

El cálculo de  $P_t$  requiere modelar la correlación de los residuos estandarizados de los retornos.

Sea  $\varepsilon_{k,t} = \frac{r_{k,t}}{\sqrt{\delta_{kk,t}}}$  y  $Q_t$  la matriz de correlación de  $\varepsilon_{k,t}$ . De ahí que, si asumimos un GARCH (1,1), la versión matricial del modelo queda así:

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

Tal que  $\alpha + \beta < 1$  donde  $\bar{Q}$  es la matriz de correlación incondicional de los errores estandarizados. De aquí los parámetros son estimados mediante MV y  $P_t$  es extraído mediante:

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

Donde:  $q_{kk,t}$  es el elemento  $kk$  de  $Q_t$ .

En esta sección se ha descrito teóricamente las medidas de riesgo que serán implementadas en este estudio; así como las herramientas que permiten construirlas. Sin embargo, es importante revisar los avances que se tiene en la literatura empírica en materia de medición de riesgo sistémico.

### 4.5.3. Revisión de literatura empírica

En general, los autores están de acuerdo en que la evaluación de riesgo sistémico debe realizarse de manera consistente con el enfoque macroprudencial. Esto incluye un análisis de externalidades causadas por la interconexión y la evolución dinámica de las mismas; sin embargo, la teoría en este sentido aún es poco desarrollada. Al margen; hay una razonable cantidad de herramientas que se puede encontrar en la literatura para este fin.

<sup>15</sup> Así como en la modelación de las volatilidades se introdujo los efectos de asimetría, puede hacerse una extensión hacia la modelación de las correlaciones según el DCC - GARCH generalizado asimétrico.



Un enfoque que predomina, básicamente dado que involucra a muchísimas instituciones financieras es el enfoque de redes basado en el análisis de los nodos, cuyo fundamento teórico es prestado de otras ciencias y aplicados en lo que los promotores<sup>16</sup> denominan redes financieras. La intuición detrás de estos modelos, es que si hay un shock ligero en el sistema, el riesgo generado se disipará y el propio mercado de manera automática se volverá a estabilizar; mientras que si un shock es severo y afecta de la misma manera a otro componente del sistema, como consecuencia traerá consigo una quiebra generalizada del sistema. Para el caso peruano aplicar este método le quita esencia a la misma, pues como se mencionó, involucra un mercado grande, donde la interconexión es compleja y donde su ajuste seguramente es mejor, mientras que el sistema financiero peruano es diminuto comparado al norteamericano, al británico o a otros sistemas desarrollados.

Asimismo, un artículo que tiene cierto grado de sesgo hacia el análisis de redes, es el de Billio y otros (2011), quienes hacen énfasis en que la medición de riesgo sistémico para el caso de los Estados Unidos va más allá de sólo bancos, y por ello, los Hedge Funds, Compañías de Seguro y Corredores de Bolsa son introducidos al análisis.

Para hacer esta medición proponen dos modos: en primer lugar utilizan el método de Análisis de Componentes Principales (ACP). Estableciendo umbrales consiguen que en los últimos años la correlación entre los retornos de estas compañías ha aumentado, lo que indicaría que el grado de vinculación ha aumentado también, con la particularidad de que en periodos de crisis la correlación de los retornos de los bancos y las compañías de seguros son los que más crecen y pueden servir como una advertencia. En segundo lugar, usan un análisis de dinámica intertemporal a través de un test de causalidad de Granger, con lo que buscan verificar, si algún retorno de alguna institución anticipa la evolución del retorno de otra; consiguiendo que en periodos de crisis, el número de relaciones de causalidad se incrementa.

Por otro lado, Acharya y Pedersen(2010) proponen un modelo económico sencillo de riesgo sistémico, y miden la contribución de cada institución financiera al riesgo sistémico a través del método de pérdida esperada o “*Expected Shortfall*”, y proponen que los bancos internalizan las externalidades de sus acciones hacia el sistema financiero a través de un impuesto que dependerá del grado de su aporte marginal a la pérdida esperada sistémica (*Systemic Expected Shortfall (SES)*). En esta misma línea, Brownlees y Engle (2011) usan el “*Marginal Expected Shortfall (MES)*” en un entorno bivariado, donde las correlaciones y volatilidades entre el mercado y cada institución financiera son cambiantes en el tiempo, a partir del cual proponen un índice de riesgo sistémico basado en la teoría de Acharya y Pedersen(2010).

---

<sup>16</sup> Ver Haldane(2009), May y Arinaminpathy(2009), Nagurney y Qiang (2010), Gay y Kapadia (2010).

La medida de riesgo más común<sup>17</sup> es adaptada a la medición de riesgo sistémico bancario en Roengpitya y Rungcharoenkitkul (2011), quienes analizan la interconexión en el sistema bancario tailandés, tomando como muestra 6 bancos y usando el análisis VaR condicional o CoVaR de Adrian y Brunnermeier (2011).

El CoVaR implica la medición del VaR dinámico del Sistema condicionado al VaR de una institución financiera, así como el VaR de una institución condicionado al VaR de otra<sup>18</sup>. De ahí, Roengpitya y Rungcharoenkitkul (2011) analizan el comportamiento del CoVaR de cada institución respecto al estado de ciertos indicadores en las hojas de balance de las instituciones, tales como el nivel de préstamos, depósitos, activos interbancarios, acciones comunes, utilidades retenidas, depósitos interbancarios entre otros. El aporte es mostrar la utilidad de estos métodos para ser usado como herramienta por los reguladores, pues permite conocer cuál es la variable en la hoja de balance del banco que explica mejor la significancia sistémica del banco y sobre el cual se debería hacer alguna vigilancia.

Desde el punto de vista legal, Schwarcz (2008), analiza el riesgo sistémico, y hace una crítica al sistema de administración de riesgo sistémico. El autor sostiene que ponerle demasiada atención sólo al sector bancario en Basilea, no reduce el riesgo sistémico; pues otras instituciones del sistema también deberían ser introducidos. De otro lado, argumenta que la política monetaria es inefectiva para salir de la crisis porque esta afecta a los bancos, mas no a todo el mercado financiero.

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; por lo tanto, es bajo el riesgo sistémico. Dejan abierta la posibilidad que esto puede cambiar si introducimos choques dentro de algún modelo que se pueda diseñar.

Los enfoques de medición descritos en esta sección realzan el papel que juega la transmisión de externalidades dentro del sistema financiero. Asimismo, estos análisis en su mayoría son de carácter dinámico, consistente con la óptica de las políticas macroprudenciales en los aspectos dimensionales (ver Borio, 2011). La importancia de la consistencia entre las medidas de riesgo sistémico y las políticas macroprudenciales está soportada en la evidencia empírica como se muestra en la siguiente sección.

---

<sup>17</sup> Valor en Riesgo (VaR).

<sup>18</sup> El enfoque CoVaR dinámico permite introducir diversas variables explicativas (económicas y financieras), cuya relevancia dependerá de la especificación establecida por el investigador.

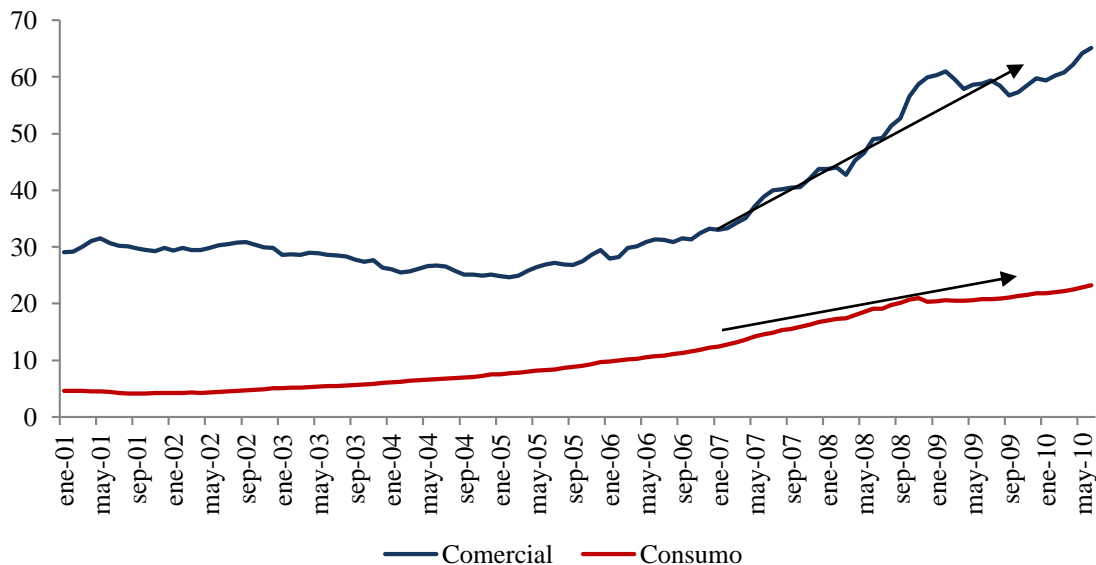
## 5. Relevancia empírica

La crisis asiática y rusa de finales de los 90 tuvo efectos considerables en la economía peruana a causa del incremento de la liberalización financiera que hubo luego del programa de estabilización de inicios de la misma década; así como, el crecimiento acelerado de los depósitos y créditos en el sector bancario que junto a una débil regulación trajeron consigo la debilitación del sistema. En contraste a aquel escenario, en tiempos actuales las herramientas de regulación han mejorado bastante junto a una mayor experiencia en el manejo de políticas dentro del marco regulatorio, la administración de flujos de capitales internacionales, el comercio internacional, entre otros. No obstante, la actual crisis puso de manifiesto que aún dentro de sistemas desarrollados, con mercados financieros sofisticados y líquidos como la norteamericana, la concretización del riesgo sistémico está latente.

En los últimos años en el Perú se ha elevado el nivel de los créditos en el sector bancario (ver gráfico 4), causado por muchos factores, entre ellos, la mayor innovación tecnológica que ha traído consigo la implementación de mecanismos de transacciones financieras de manera más ágil y rápida<sup>19</sup>, incremento de las inversiones, el crecimiento económico, entre otros.

A la par surge la importancia de mejorar las herramientas de administración de riesgo desde una perspectiva macroprudencial para el buen funcionamiento del sistema y su sostenibilidad en el largo plazo.

**Gráfico 4: Evolución del crédito (en miles de millones de soles)**



Fuente: SBS.  
Elaboración propia

<sup>19</sup> Banca por celular, transacciones por internet entre otros.

Actualmente, es necesario el continuo y sostenible crecimiento de la economía para mejorar los indicadores sociales, económicos y financieros en el largo plazo. Si bien es complicado hablar acerca de que si el crecimiento económico genera el desarrollo de los mercados financieros o el desarrollo de los mercados financieros genera el crecimiento, lo cierto es que estudios empíricos han demostrado que la relación es positiva. Por ejemplo, Beck y Levine (2004), usando una muestra de 83 países, concluyen que es imposible rechazar la hipótesis de que los mercados financieros impactan positivamente sobre el crecimiento económico. Asimismo, para el caso chileno Hernandez y Parro (2004) concluyen que para que los efectos sean más significativos, es necesaria mayor profundización de los mercados de capitales, mayor desarrollo del mercado de derivados y una mejor administración de las reformas impositivas y regulatorias.

Más allá de que si el desarrollo del mercado financiero trae consigo mejora en el crecimiento económico o viceversa, es cierto que si un riesgo sistémico en el sistema financiero se materializa, trae consigo una considerable pérdida en crecimiento económico y riqueza. El gráfico 5 muestra la evolución del PBI peruano en niveles, donde se puede notar que después de la crisis asiática y rusa que afectó al sistema financiero peruano, el PBI perdió tendencia y posteriormente hubo una demora en la recuperación de la tasa de crecimiento. De manera similar, la repercusión de la crisis *subprime* trajo desviación en la tendencia, aunque la recuperación de la tasa de crecimiento fue rápida.

En esta misma línea, el FMI (2009) analiza la recuperación del PBI en el mediano plazo dentro de una muestra de 88 crisis bancarias, consiguiendo que en general el producto no recupera su tendencia previa a la crisis. Además, después de 7 años ocurrida una crisis bancaria, el producto está cerca del 10% por debajo de la tendencia de largo plazo; no obstante, las tasas de crecimiento generalmente si se recuperan. Asimismo, en una publicación reciente, el Banco Mundial (2011) realiza un estudio sobre la magnitud de las caídas en el PBI provocadas por la crisis financiera *subprime*, consiguiendo que la tasa de crecimiento de los países con altos ingresos cayeron en un promedio de 7.7 puntos porcentuales, seguido por los países de ingresos medios, cuyas tasas cayeron en un promedio de 6.9 puntos porcentuales y finalmente los países de ingresos bajos en promedio cayeron en 1.5 puntos porcentuales.

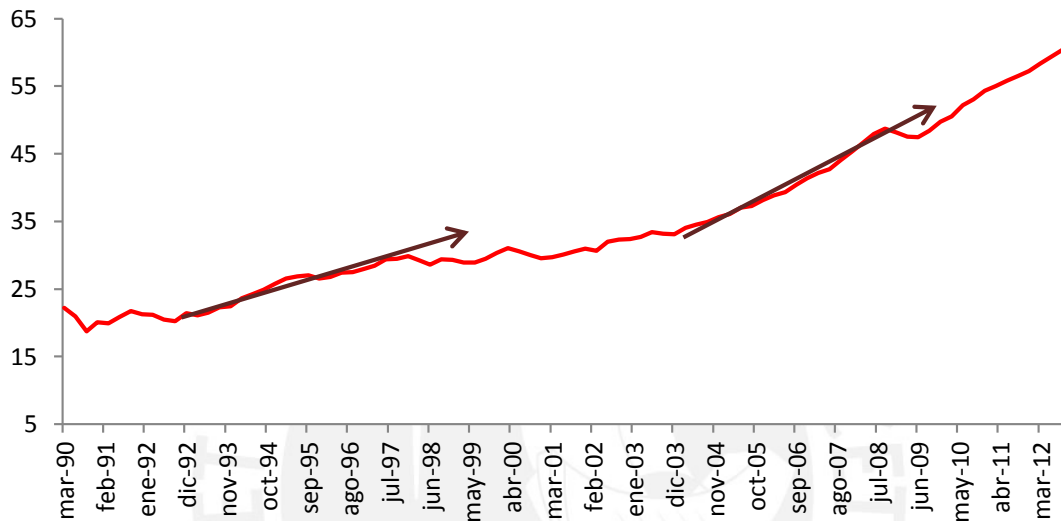
Por otro lado, Schanz y otros (2011) analizan un modelo teórico para ver en que magnitud cae el PBI cuando se aplica la política de estabilidad financiera basada en mayores requerimientos de ratios de capital de los bancos. Los resultados de la calibración del modelo teórico muestran que por una unidad porcentual adicional de requerimiento de capital, el PBI se reduce en 0.04 %.

En líneas generales, el análisis realizado en esta sección señala que el costo de una crisis supera significativamente a los costos de un mayor nivel en la calidad de la administración del riesgo en el sistema financiero. Si se ve en el sentido de Schanz y otros (2011), el

beneficio marginal de una mejor política macroprudencial supera al costo marginal de llevarla a cabo. Es así que, que los instrumentos de medición de riesgo sistémico se convierten en relevantes para todas las economías.

En tal sentido, en la siguiente sección se describe, dentro del marco de la metodología presentada en esta investigación, las relaciones que mantienen las variables involucradas en la medición del riesgo sistémico en el sistema financiero peruano.

**Gráfico 5: Evolución del PBI (en miles de millones de soles de 1994)**



Fuente: BCRP  
Elaboración propia

## 6. Hipótesis

Para efectos de esta investigación asumimos razonablemente mercados eficientes; por lo tanto, el precio de las acciones de las firmas financieras, el Índice General de la Bolsa de Valores de Lima (IGBVL) y el índice Standar & Poor's (S&P) reflejan toda la información económica de los bancos, economía nacional e internacional respectivamente.

Un indicador completo y universal en el mundo de las finanzas para el manejo de riesgo es el Valor en Riesgo (VaR), completo porque en un sólo número representa toda la información disponible, y universal porque puede ser aplicado a cualquier activo. Sin embargo, Artzner y otros (1998) mostraron 4 propiedades<sup>20</sup> que debería satisfacer una medida de riesgo coherente, de las cuales el VaR no siempre satisface el axioma de subaditividad<sup>21</sup>. Mientras tanto, el “*Expected Shortfall (ES)*” sí cumple estas condiciones como lo muestran Acerbi y Tasche (2001).

<sup>20</sup> Monotonicidad, Homogeneidad positiva, Invariancia ante traslaciones, Subaditividad.

<sup>21</sup> El VaR es subaditivo sólo bajo una distribución normal, ver Daníelsson (2011).

En este trabajo se analiza el riesgo sistémico usando ambas medidas de riesgo<sup>22</sup>, dando mayor énfasis al Expected Shortfall por motivos que se mostrará más adelante. En el primer caso, el riesgo sistémico es medido bajo un enfoque del VaR de mercado condicional (CoVaR) al VaR de cada institución financiera, lo mismo que permite conocer a un nivel de probabilidad, la pérdida que ocurre en el mercado bursátil cuando una determinada institución financiera enfrenta una situación de estrés. Esto es:

$$COVaR^m|VaR_t^i = f(VaR_t^i); \text{ donde "i" es un institución.} \quad (1)$$

El segundo método (*Marginal Expected Shortfall*) estima el *Expected Shortfall (ES)* de cada banco, condicional a que el mercado ha superado su nivel de VaR (calculado bajo el primer método)<sup>23</sup>.

$$MES_t^i = E(r_t^i | r_t^m > VaR^m)$$

Para mostrar el riesgo individual que representa cada institución en el sistema, se plantea el siguiente indicador sencillo.

$$L_t^i = \frac{E_t^i * (1 - MES_t^i)}{\text{activos}} \geq k \quad (2)$$

Donde:

$L_t^i$  = Estructura de apalancamiento esperado.

$E_t^i$  = patrimonio de la institución i al tiempo t.

Note que este ratio de apalancamiento<sup>24</sup> es el esperado cuando el banco cae en un escenario de tensión. Es decir, muestra la capacidad de la institución de mantener un nivel deseable de capital predefinido<sup>25</sup> como porcentaje de sus activos, dado el evento de estrés.

Asimismo, se puede hacer un seguimiento al riesgo agregado, definiendo la proporción de pérdida que representa una institución en relación a la pérdida total.

$$rs_t^i = \frac{E_t^i * MES_t^i}{\sum_{i=1}^n E_t^i * MES_t^i} \quad (3)$$

Donde:

$E_t^i$  = patrimonio de la institución i al tiempo t

Este indicador mide el porcentaje que representa la pérdida individual respecto al total de pérdidas; facilitando la comparación de la significancia de las pérdidas individuales. Este

<sup>22</sup> Para detalles sobre la definición de VaR y ES, ver sección 4.5.

<sup>23</sup> Se usará el promedio temporal a niveles de 5% y 1% de confianza (ver cuadro 4).

<sup>24</sup> Es construido del balance mensual (activos totales sin ponderar por riesgo sobre patrimonio total); sin embargo, note que se expresa de manera inversa para fines prácticos.

<sup>25</sup> Puede ser pensado como un ratio de requerimiento de capital regulatorio.

indicador complementado con el anterior (ecuación 2), ayuda a evaluar mejor una institución. Por ejemplo, si un banco tuviera pérdidas representativas como porcentaje del mercado y a la vez mantuviera un bajo nivel de apalancamiento en una situación de estrés, en general no representaría un gran problema. De otro lado, si un banco tuviera grandes pérdidas 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 financiero.

Los indicadores mostrados en esta sección son construidos sobre las metodologías presentadas en la siguiente sección.

## 7. Lineamientos metodológicos.

### 7.1. Especificación de las medidas de riesgo.

A diferencia del VaR tradicional. Basado en la formulación de Adrian y Brunnermeier (2011), se define el VaR sobre la rentabilidad<sup>26</sup> de mercado, de tal manera que permita el análisis del aporte en externalidad negativa de una institución estresada sobre el mercado; así como para fijar el umbral en el análisis ES<sup>27</sup> que se verá más adelante. Así, el VaR dinámico será calculado mediante una regresión por cuantiles a un nivel de  $\alpha\%$ <sup>28</sup> de probabilidad sobre las siguientes ecuaciones:

$$r_t^i = \rho_\alpha^i + \beta_\alpha^i X_{t-1} + \epsilon_t^i \quad (4)$$

$$r_t^m = \rho_\alpha^m + \gamma_\alpha^m r_t^i + \beta_\alpha^m X_{t-1} + \epsilon_t^m \quad (5)$$

Donde:  $X_{t-1}$  = Vector de variables económicas explicativas rezagadas.

De donde se obtiene los VaR,s tanto individual y sistémico a partir de los valores de los rendimientos ajustados por la regresión. Es decir.

$$VaR_t^i = \hat{\rho}_\alpha^i + \hat{\beta}_\alpha^i X_{t-1} \quad (6)$$

$$VaR_t^m = \hat{\rho}_\alpha^m + \hat{\gamma}_\alpha^m r_t^i + \hat{\beta}_\alpha^m X_{t-1} \quad (7)$$

En (7) introducimos el VaR individual estimado de la institución “i” y calculamos el efecto sobre el VaR del sistema (CoVaR)<sup>29</sup>.

$$COVaR_t^m | VaR_t^i = \hat{\rho}_\alpha^m + \hat{\gamma}_\alpha^m VaR_t^i + \hat{\beta}_\alpha^m X_{t-1} \quad (8)$$

<sup>26</sup> Adrian y Brunnermeier (2011) trabajan con el VaR sobre las tasa de crecimiento de los activos financieros a precio de mercado.

<sup>27</sup> Pues esta medida estará basado en la variación de los precios de mercado.

<sup>28</sup> 5% y 1% en este documento.

<sup>29</sup> También es posible analizar el VaR de una institución dado que otra se encuentra en la suya.

En la ecuación (8), evaluamos el efecto marginal de la institución “*i*” sobre el VaR del mercado cuando llega a su umbral máximo de pérdidas (con  $\alpha\%$  de probabilidad). Imaginemos que  $COVaR_t^m|i > COVaR_t^m|j$ , entonces se dice que “*i*” es la institución que debería internalizar mayor sus externalidades y debería ser tomado como institución de mayor riesgo para el sistema que *j*, pues empeora la situación del mercado en mayor magnitud que “*j*” en tiempos de estrés financiero.

Recuerde que una institución llega a su nivel VaR cuando se encuentra en un escenario de estrés o malos tiempos; pero este nivel, según la ecuación (7) puede ser consistente con el estado de otras variables financieras relevantes (para este caso se ha tomado la rentabilidad del mercado peruano y el índice S&P para capturar el efecto internacional); no obstante, el CoVaR es una medida que incluye el efecto adicional del hecho que una institución esté en malos tiempos o este en su nivel VaR; por ello, se espera que sea más grande y por lo mismo es razonable usar (7) como medida adecuada de aporte de riesgo sistémico de la institución “*i*”.

#### ¿Qué hay de la causalidad?

Antes de proseguir se debe definir claramente, si es que una fragilidad en el mercado causa fragilidad en las instituciones financieras o si es que la fragilidad de las instituciones causa la fragilidad en el mercado. Acharya y otros (2012) sostienen que ambos fenómenos son verdaderos, ya que ambos son endógenos; asimismo, hacen notar que las metodologías basadas en la dirección de causalidad de instituciones hacia el mercado tienen debilidades en capturar claramente los efectos del estado de estrés de las instituciones hacia el mercado.

Por un lado, la metodología de Adrian y Brunnermeier (2011) no introduce los efectos de la volatilidad de cada institución ni el tamaño; de otro lado, la metodología de Billio y otros (2011) basada en la causalidad de Granger entre instituciones, tiene complicaciones en la interpretación de estas relaciones interinstitucionales.

*(...) However it is well known that Granger causality tests cannot be correctly interpreted unless all the shocks are considered at the same time. It is not possible to know whether one firm Granger causes another or whether some third firm causes both (...)*

*[Acharya, y otros (2012)]*

Sin embargo, Adrian y Brunnermeier (2011) compensan esto con el diseño del “*Exposure CoVaR*” que invierte la dirección de la causalidad; no obstante, en general el método CoVaR no representa una clara relación de causalidad. A esto el autor plantea:

*(...) We view this as a virtue rather than as a disadvantage. To see this, suppose a large number of small hedge funds hold similar positions and are funded in a similar way. That is, they are exposed to the same factors. Now, if only one of the small hedge funds falls into distress, this will not necessarily cause any systemic crisis. However, if the distress is due to a common factor, then the other hedge funds - all of which are “systemic as part of a herd” - will likely be in distress. Hence, each individual hedge funds co-risk measure should capture the notion of being “systemic as part of a herd” even in the absence of a direct causal link (...)*



En esta investigación se plantea la metodología CoVaR para hacer un análisis previo cuasi – cualitativo en el sentido de cómo se comporta el mercado cuando una institución alcanza su nivel VaR. Asimismo, la regresión por cuantiles nos brinda un nivel referencial empírico del Valor en Riesgo del mercado<sup>30</sup> con cierta probabilidad. Sin embargo, el principal análisis en esta investigación sigue a la metodología de *Marginal Expected Shortfall (MES)*, dado que permite introducir variables financieras claves como son las volatilidades (del mercado y de la institución en simultaneo) y correlaciones; así también, no presenta dificultades en la interpretación de los resultados.

El MES se define como:

$$MES_t^i = E(r_t^i | r_t^m > VaR^m) \quad (9)$$

Esta medida de riesgo constituye la pérdida que sufre una institución cuando el mercado ha superado su Valor en Riesgo a un nivel de probabilidad<sup>31</sup>. De esta manera, se vincula la rentabilidad del mercado con la rentabilidad individual de una institución. La vinculación queda descrita por la asunción de un proceso bivariado entre la rentabilidad de una institución y la del mercado<sup>32</sup> como en Brownlees y Engle (2011). Así, el modelo queda expresado como sigue:

$$r_t^m = \delta_t^m \epsilon_t^m$$

$$r_t^i = \delta_t^i \rho_{it} \epsilon_t^m + \delta_t^i \sqrt{(1 - \rho_{it}^2)} * \xi_t^i \quad (10)$$

Donde  $\epsilon_t^m$  y  $\xi_t^i$  tienen media cero y varianza igual a la unidad. De las ecuaciones anteriores se llega a plantear el MES como sigue:

$$MES_t^i = E(r_t^i | r_t^m > VaR^m)$$

$$MES_t^i = \delta_t^i E\left(\epsilon_t^i | \epsilon_t^m > \frac{VaR^m}{\delta_t^m}\right)$$

$$MES_t^i = \delta_t^i E\left(\rho_{it} \epsilon_t^m + \sqrt{(1 - \rho_{it}^2)} * \xi_t^i | \epsilon_t^m > \frac{VaR^m}{\delta_t^m}\right)$$

$$MES_t^i = \delta_t^i \rho_{im,t} E\left(\epsilon_t^m | \epsilon_t^m > \frac{VaR^m}{\delta_t^m}\right) + \delta_t^i \sqrt{(1 - \rho_{im,t}^2)} E\left(\xi_t^i | \epsilon_t^m > \frac{VaR^m}{\delta_t^m}\right) \quad (11)$$

<sup>30</sup> Este valor sirve para formular el umbral del análisis del MES.

<sup>31</sup> El valor se extrae de las regresiones cuantílicas (ver cuadro 5).

<sup>32</sup> La derivación sigue de una distribución conjunta bivariada.

La construcción de la ecuación (11) implica el cálculo de las volatilidades, correlaciones cambiantes en el tiempo y las expectativas de cola para los residuos estandarizados. Este cálculo es realizado mediante una especificación TARCH (1,1,1) para las volatilidades y un DCC para el caso de las correlaciones (ver sección 4.5.2); mientras que 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  $\epsilon_t^m > \frac{VaR^m}{\delta_t^m}$ .

## 7.2. Los datos

Se usan datos de frecuencia semanal de enero de 1995 a julio de 2012, la misma que captura la crisis de 1997-1998 y la crisis 2007 - 2009. Para vincular ambos métodos, en esta investigación se asume que las variables financieras recogen información de las variables reales.

Para estimar los VaR,s se usa la serie semanal de las rentabilidades sobre la variación de los precios de las acciones de los cuatro bancos más importantes del Perú. La rentabilidad del mercado bursátil peruano es tomada como la variable que captura información de la economía nacional y el índice Standar & Poor's es asumido ser la variable que captura información del mercado internacional. Para el cálculo del MES se requiere sólo las rentabilidades individuales de cada institución y la del mercado. En general los datos son extraídos de Bloomberg, BCRP, SBS.

El vector  $X_{t-1}$  contempla los cuatro primeros rezagos del índice bursátil peruano y los cuatro primeros rezagos del índice Standar & Poor's<sup>33</sup>; por otro lado, los datos del tamaño de los activos y patrimonio son obtenidos en frecuencia mensual de las publicaciones de la SBS y fueron convertidos a frecuencia semanal a través de interpolación lineal.

## 8. Resultados

Los resultados son analizados siguiendo el orden planteado en la sección 7.1. Mostrando en primer lugar las estimaciones de los Valores en Riesgo de cada institución financiera y el mercado, seguido por la estimación del Valor en Riesgo del mercado condicional a que una firma financiera se encuentra en una situación de tensión.

En lo que respecta al “*Marginal Expected Shortfall*”, inicialmente se presenta los resultados de los modelos planteados para las volatilidades (TARCH) y las correlaciones (DCC). Estos cálculos sirven de insumos para la construcción del MES dinámico, que a la vez es usado como base para la implementación de las medidas de riesgo sistémico.

---

<sup>33</sup> Siguiendo a Roengpitya y Rungcharoenkitkul (2011).

## 8.1. Resultados del análisis Valor en Riesgo (VaR)

En el cuadro 2 se reporta los resultados de la regresión cuantílica (6) a un nivel de 5% y 1% cuantil para cada institución financiera. En particular, se muestra que el primer y el cuarto rezago de la rentabilidad del mercado bursátil son significativos en la explicación<sup>34</sup> de la mayoría de los VaR,s institucionales. Nótese que los parámetros significativos que acompañan a la rentabilidad del mercado peruano son positivos, excepto para el caso del Interbank al 1% de probabilidad. Esto muestra que existe una correlación inter temporal positiva entre los Valores en Riesgo de las firmas y la rentabilidad pasada del mercado. De otro lado, el segundo y el cuarto rezago de la rentabilidad en el mercado internacional mantienen parámetros significativos; no obstante, en el caso del BBVA el rezago número cuatro de la rentabilidad internacional tiene un efecto marginal negativo sobre su nivel de Valor en Riesgo. Adicionalmente cabe resaltar que el segundo rezago de la rentabilidad del mercado peruano es el que menos significancia tiene para soportar los VaR de las empresas bancarias; excepto en el caso de Scotiabank.

En resumen, los Valores en Riesgo de los bancos más grandes del sistema financiero peruano son afectados principalmente por el primer y cuarto rezago de la rentabilidad en el mercado bursátil peruano; mientras que para el caso del mercado internacional estos rezagos son, el segundo y el cuarto. Siendo, el efecto positivo en la mayoría de los casos.

**Cuadro 2: Resultados de la regresión cuantílica para bancos individuales**

<i>Prob (α).</i>	<i>BCP</i>		<i>BBVA</i>		<i>Scotiabank</i>		<i>Interbank</i>	
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
<i>r_m_1</i>	<b>0.32</b>	<b>0.32</b>	<b>0.25</b>	-0.07	<b>0.10</b>	<b>0.58</b>	<b>0.20</b>	<b>-0.17</b>
<i>r_m_2</i>	-0.08	-0.06	0.00	0.06	<b>0.15</b>	<b>0.46</b>	<b>0.22</b>	0.09
<i>r_m_3</i>	-0.01	<b>0.20</b>	0.01	-0.09	<b>0.12</b>	-0.05	0.01	-0.10
<i>r_m_4</i>	<b>0.21</b>	<b>0.21</b>	<b>0.23</b>	<b>0.34</b>	-0.07	<b>0.14</b>	<b>0.51</b>	<b>0.18</b>
<i>r_sp_1</i>	-0.15	<b>-0.63</b>	0.04	<b>0.88</b>	<b>0.45</b>	<b>0.15</b>	<b>-0.13</b>	<b>0.29</b>
<i>r_sp_2</i>	<b>0.20</b>	<b>0.19</b>	0.10	<b>0.79</b>	<b>0.65</b>	<b>0.45</b>	0.06	<b>0.26</b>
<i>r_sp_3</i>	0.00	<b>-0.16</b>	0.04	<b>0.28</b>	0.02	<b>0.83</b>	<b>0.11</b>	<b>0.36</b>
<i>r_sp_4</i>	-0.07	<b>0.37</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.44</b>	<b>0.28</b>	-0.03	<b>-0.15</b>	<b>0.91</b>
<i>_cons</i>	-0.06	-0.10	-0.06	-0.11	-0.10	-0.16	-0.07	-0.14

*Nota:* Resultados de la regresión (6):  $r_t^i = \rho_\alpha^i + \beta_\alpha^i X_{t-1} + \epsilon_t^i$ , para  $\alpha=0.05$  y  $\alpha=0.01$ . Los regresores usados son: los primeros cuatro rezagos de la rentabilidad del mercado bursátil peruano y los cuatro primeros rezagos de la rentabilidad del índice S&P. Los resultados muestran que el cuarto rezago de la rentabilidad del mercado peruano es significativo en casi todos los casos.

<sup>34</sup> Se hizo una discusión sobre la causalidad en la sección 7.1.

Por otro lado, en el cuadro 3 se muestran los resultados de la regresión cuantílica (7), que modela el Valor en Riesgo del mercado introduciendo los valores de las rentabilidades contemporáneas de las instituciones estudiadas. Se obtiene que, el VaR del mercado cambia en 0.40% cuando la rentabilidad del BCP varía en 1% a un nivel de  $\alpha=0.05$ , siendo el mismo valor para el caso del BBVA; mientras que a un nivel de  $\alpha=0.01$ , la variación del Valor en Riesgo del mercado es de 0.54% cuando la rentabilidad del BBVA cambia en 1% y 0.36% para el caso de BCP. Adicionalmente, se reporta que Scotiabank posee un menor nivel de aporte marginal; entretanto Interbank es el banco cuyo aporte de externalidad al mercado no es significativo.

Otro aspecto importante que arrojan los resultados, es la significancia del parámetro correspondiente al cuarto rezago de la rentabilidad del mercado nacional (en promedio 0.148% para  $\alpha=0.05$  y 0.2% para  $\alpha=0.01$ ), así como de los tres primeros rezagos de la rentabilidad en el mercado internacional, siendo el segundo (en promedio 0.245% para  $\alpha=0.05$  y 0.51% para  $\alpha=0.01$ ) y el tercero (en promedio 0.25% para  $\alpha=0.05$  y 0.265% para  $\alpha=0.01$ ) los que son caracterizados por una mayor magnitud. Esto refleja el grado de globalización que existe en el mercado financiero peruano. Así, la evolución de los mercados globales influye significativamente en generar eventos negativos que empujan a las rentabilidades hacia la cola izquierda de su distribución.

**Cuadro 3: Resultado de la regresión cuantílica para el mercado**

Prob.( $\alpha$ )	Valor en Riesgo de Mercado							
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
<i>BCP</i>	<b>0.40</b>	<b>0.36</b>	--	--	--	--	--	--
<i>BBVA</i>	--	--	<b>0.40</b>	<b>0.54</b>	--	--	--	--
<i>Scotiabank</i>	--	--	--	--	<b>0.23</b>	<b>0.30</b>	--	--
<i>Interbank</i>	--	--	--	--	--	--	-0.03	0.10
<i>r_m_1</i>	<b>-0.11</b>	-0.07	<b>-0.14</b>	<b>-0.15</b>	0.00	0.06	-0.05	0.05
<i>r_m_2</i>	0.08	0.03	0.08	0.10	0.08	-0.12	0.03	-0.07
<i>r_m_3</i>	0.07	0.15	0.09	0.06	0.09	0.12	0.10	0.02
<i>r_m_4</i>	<b>0.13</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.25</b>	<b>0.21</b>	<b>0.16</b>	<b>0.13</b>	<b>0.27</b>
<i>r_sp_1</i>	<b>0.12</b>	<b>0.23</b>	<b>0.12</b>	<b>0.13</b>	<b>0.05</b>	<b>0.14</b>	0.09	<b>0.39</b>
<i>r_sp_2</i>	<b>0.14</b>	<b>0.48</b>	<b>0.18</b>	<b>0.29</b>	<b>0.25</b>	<b>0.46</b>	<b>0.41</b>	<b>0.79</b>
<i>r_sp_3</i>	<b>0.28</b>	<b>0.12</b>	<b>0.22</b>	<b>0.44</b>	<b>0.22</b>	<b>0.16</b>	<b>0.29</b>	<b>0.34</b>
<i>r_sp_4</i>	-0.03	<b>-0.14</b>	-0.07	<b>-0.11</b>	<b>-0.26</b>	-0.07	-0.08	<b>-0.28</b>
<i>_cons</i>	-0.05	-0.08	-0.05	-0.08	-0.05	-0.08	-0.05	-0.09

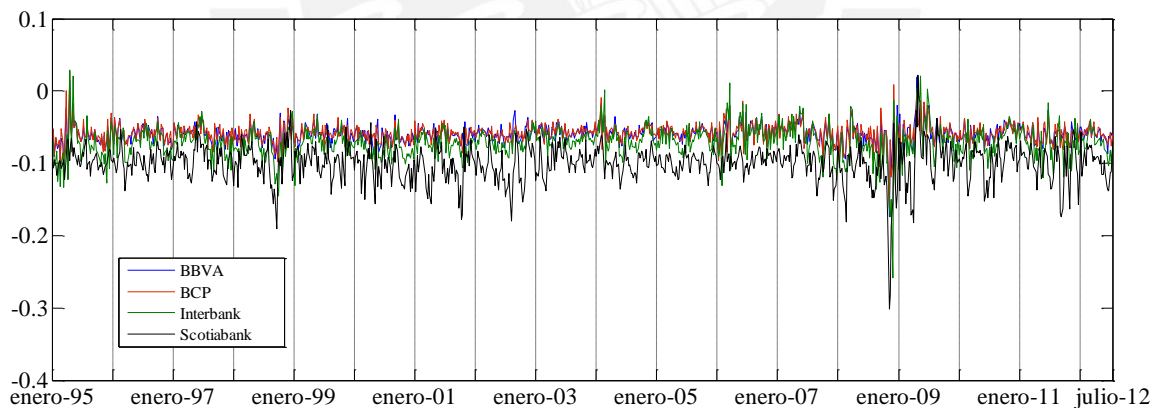
*Nota:* Resultados de la regresión (7):  $r_t^m = \rho_\alpha^m + \gamma_\alpha^m r_t^i + \beta_\alpha^m X_{t-1} + \epsilon_t^m$ , para  $\alpha=0.05$  y  $\alpha=0.01$ . Los regresores usados son: la rentabilidad de cada banco por separado, los cuatro primeros rezagos de la rentabilidad del mercado bursátil peruano y los cuatro primeros rezagos de la rentabilidad del índice S&P. El cuadro muestra que los bancos con mayor influencia sobre la evolución del mercado son BCP, BBVA y Scotiabank; asimismo, el cuarto rezago de la rentabilidad del mercado local, así como los tres primeros rezagos de la rentabilidad del índice S&P.

En general, se encuentra que los bancos que mayor externalidad negativa causan a la evolución del Valor en Riesgo del Mercado peruano son BCP, BBVA y en menor grado Scotiabank; mientras que Interbank tiene un aporte no significativo. Asimismo, la evolución del riesgo en el mercado bursátil peruano está influenciado significativamente y de manera rezagada por la evolución de los mercados globales representado por la rentabilidad del índice S&P.

Con los parámetros estimados y resumidos en los cuadros 2 y 3, se calcula los valores de las rentabilidades ajustados por las regresiones (6) y (7). Estos valores corresponden a los Valores en Riesgo variantes en el tiempo calculados tanto para los bancos y el mercado respectivamente.

Es así que, los valores ajustados por la regresión (6) al 5% de probabilidad<sup>35</sup>, son delineados en el gráfico 6; donde se puede notar que a finales de 1998 y en octubre de 2008 hay unos saltos notables para todos los casos; esto acorde a los eventos de crisis que se suscitaban en el mercado<sup>36</sup>. De manera similar se puede notar que los niveles de VaR para el BCP, BBVA e Interbank son menores y menos volátiles que el Valor en Riesgo de Scotiabank en toda la muestra. Adicionalmente, note que en el caso de Scotiabank, la mayor variabilidad y caída del VaR antes de la crisis *subprime* se da entre el 2000 y el 2003, periodo que sigue al proceso de restructuración del banco predecesor.

**Gráfico 6: Valor en Riesgo dinámico individual**



*Nota:* el gráfico muestra los valores acorde a:  $Var_t^i = \hat{\rho}_\alpha^i + \hat{\beta}_\alpha^i X_{t-1}$ , para  $\alpha=0.05$ . Note que Scotiabank tiene niveles de Valores en Riesgo mayores en toda la muestra.

Sintetizando, en el gráfico 6 se describe el comportamiento histórico del Valor en Riesgo de las firmas financieras, resaltando que, Scotiabank es la institución que individualmente enfrenta mayores niveles de VaR; asimismo, es la que presenta mayor volatilidad luego de la crisis de finales de los 90 y durante la crisis de 2008; mientras que los VaR de BCP y BBVA tienen comportamientos similares a lo largo de la muestra.

<sup>35</sup> Al 1% es similar, aunque el nivel es un poco más negativo.

<sup>36</sup> Referirse a la crisis asiática, rusa, y la crisis financiera reciente.

Finalmente, el análisis relevante bajo el enfoque VaR, en un contexto de medición de riesgo sistémico deviene del CoVaR. Esta medida de riesgo sistémico se construye según la ecuación (8), caracterizando el comportamiento del Valor en Riesgo del mercado cuando una institución financiera se ve envuelta en situación de estrés<sup>37</sup>.

En el cuadro 3, los parámetros muestran que el BCP y BBVA son los bancos que aportan un riesgo mayor al sistema, seguido por el Scotiabank y el Interbank (este último tiene un parámetro no significativo). En este sentido, si delineamos el valor dinámico del CoVaR según la ecuación (8) para este par de instituciones que aportan marginalmente mayor riesgo al sistema, se obtiene el gráfico 7, donde se puede notar que no hay diferencias significativas entre la influencia del BBVA o el BCP sobre el mercado; no obstante, ante un estado de estrés del BBVA, el VaR de mercado tiene un nivel ligeramente mayor que con el BCP en situación similar.

Ahora se gira la atención hacia el CoVaR del mercado generado por la influencia de BCP en comparación a Interbank. Este caso es esquematizado en el gráfico 8, en el que se muestra que hay una diferencia significativa en el comportamiento del mercado, cuando el BCP atraviesa una situación de estrés comparado a una situación similar del Interbank. De otro lado, en el párrafo anterior, se describió que el mercado alcanza un nivel de Valor en Riesgo Condicional ligeramente mayor cuando el BBVA se encuentra en tensión comparado con el BCP (ver gráfico 7). Por lo tanto, también supera a la externalidad negativa que causa Interbank en un contexto de caída del precio de sus acciones.

A estas alturas de la descripción de resultados, se ha establecido que el BBVA tiene ligeramente un mayor nivel de externalidad sobre el riesgo sistémico que el BCP e Interbank. Adicionalmente a ello, se hace una comparación del grado de externalidad negativa que tendría una situación de cola en las rentabilidades de BBVA y Scotiabank sobre el VaR del mercado. El gráfico 9 muestra que a pesar de seguir una evolución parecida en ambos casos, el mercado consigue mayor volatilidad en sus Valores en Riesgo cuando el Scotiabank consigue niveles de pérdidas extremas en los periodos de finales de los 90 y hasta finales del 2002; asimismo, a partir de la crisis del 2008 hasta finales del 2011.

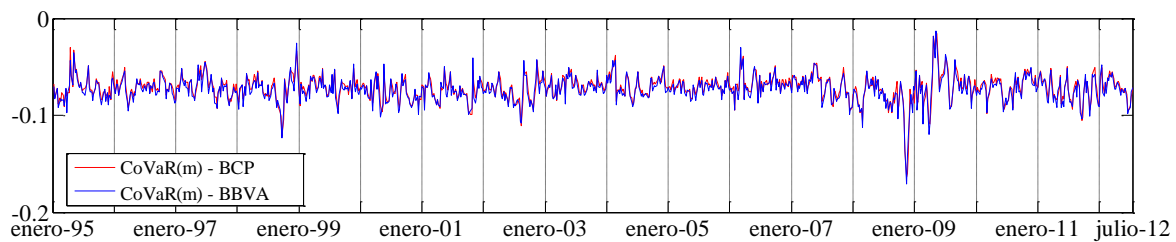
Es así que, tanto el BBVA y el Scotiabank al ser instituciones subsidiarias de bancos internacionales poseen mayor sensibilidad a escenarios externos inestables, esto se vería reflejado en su aporte a una mayor variabilidad de los VaR del mercado. Adicional a esto, note que a pesar de que el parámetro asociado al Scotiabank (0.23) es menor que los que están asociados al BCP (0.40) y BBVA (0.40) (ver cuadro 3), el aporte de externalidad negativa de Scotiabank sobre el CoVaR de mercado supera en cierto grado a la causada por BCP y BBVA. La explicación a esto está soportada en que, Scotiabank a nivel individual posee un Valor en Riesgo mayor.

---

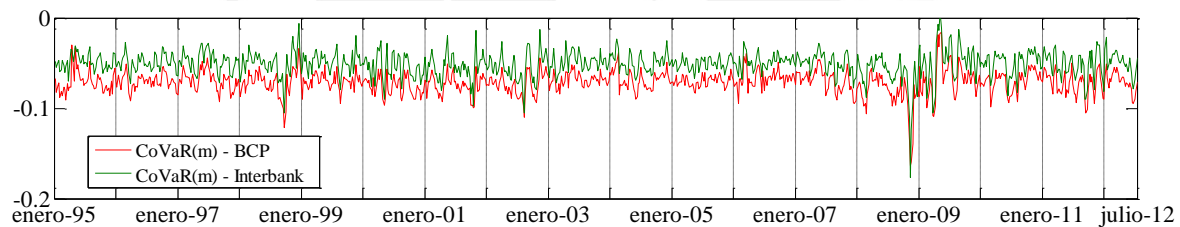
<sup>37</sup> Las rentabilidades de la institución en cuestión llegan a su nivel VaR.

En términos generales - respecto al análisis de riesgo sistémico usando el “CoVaR” - , se encuentra que el aporte de externalidad negativa al riesgo sistémico sigue el siguiente orden descendente: Scotiabank, BBVA, BCP e Interbank. Es decir, el banco que mayor riesgo sistémico genera es Scotiabank; mientras que el banco cuyo aporte al riesgo del sistema no consigue significancia, es Interbank. No obstante, en este análisis no se introducen la magnitud de las pérdidas, y los efectos están basados sólo en las rentabilidades generadas por la variación del precio de las acciones de cada empresa y los índices bursátiles, tanto nacional e internacional.

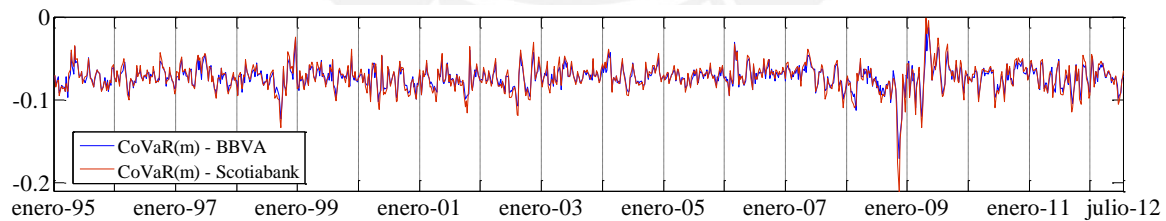
**Gráfico 7: CoVaR del mercado condicional al VaR del BCP y BBVA**



**Gráfico 8: CoVaR del mercado condicional al VaR del BCP e Interbank**



**Gráfico 9: CoVaR del mercado condicional al VaR del BBVA y Scotiabank**



**Notas:** Los gráficos muestran los Valores en Riesgo de mercado condicional (CoVaR), según:  $CoVaR_t^m | VaR_t^i = \hat{\rho}_\alpha^m + \hat{\gamma}_\alpha^m VaR_t^i + \hat{\beta}_\alpha^m X_{t-1}$ ; con  $\alpha=0.05$ . BBVA tiene un aporte ligeramente mayor al riesgo sistémico que BCP (Gráf. 7:  $i=BBVA, BCP$ ); de otro lado, el aporte de BCP al riesgo sistémico es mayor comparado con Interbank (Gráf. 8:  $i=BCP, Interbank.$ ); asimismo, la comparación de Scotiabank con BBVA arroja al primero como relativamente más riesgoso a nivel sistémico (Gráf. 9:  $i=Scotiabank, BBVA$ ). Por lo tanto, se identifica a Scotiabank como el banco más riesgoso para el sistema y a Interbank como el menos riesgoso.

Hasta este punto, se ha analizado el comportamiento del mercado ante situaciones adversas en los bancos; sin embargo, sólo se ha analizado sobre las rentabilidades y no sobre las magnitudes de las pérdidas en términos monetarios<sup>38</sup>. El análisis de la magnitud de las pérdidas de capital que ocurrirían en el mercado en un escenario adverso explica mejor la significancia sistémica de las instituciones.

Es imposible establecer si una debilidad en el mercado genera debilidades en las instituciones o esto se da en el sentido contrario. Según Brownlees y Engle (2011) ambos son verdad, ya que ambos son endógenos. En este sentido, proponen un método (MES)<sup>39</sup> que captura la correlación de la rentabilidad del mercado con la de las instituciones y las volatilidades de las mismas<sup>40</sup>, facilitando la interpretación de los resultados.

Además, la regresión cuantílica presentada puede variar de acuerdo a la especificación del modelo y esto hace que sea inestable al medir la transmisión de externalidades<sup>41</sup>; es así que el *Marginal Expected Shortfall (MES)* puede ser usado de mejor manera, tomando como variables a las rentabilidades de mercado y cómo estas evolucionan de manera conjunta; las mismas que luego son vinculadas a los valores de patrimonio de cada banco.

## 8.2. Resultados del análisis “*Marginal Expected Shortfall (MES)*”

El cálculo del MES involucra hallar las correlaciones condicionales, las volatilidades condicionales y las expectativas de cola (ver ecuación 11). Para ello, se estima un TARCh (1,1,1) y un DCC (*Dynamic Conditional Correlation*), mientras las expectativas de cola<sup>42</sup> son halladas mediante un promedio para todos los errores estandarizados que superan el umbral.

El cuadro 4 muestra los resultados de las estimaciones de la modelación de las volatilidades y correlaciones condicionales (ver sección 7.1). Los parámetros de asimetría ( $\gamma$ ) que alcanzan valores superiores corresponden al mercado, BCP y Scotiabank, indicando que una mayor sensibilidad en las volatilidades condicionales están asociados a retrocesos en las rentabilidades. Es decir, consiguen mayor volatilidad en escenarios de rentabilidad negativa que los otros bancos.

De 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 indica

<sup>38</sup> Para una mejor comprensión del CoVaR, ver Adrian y Brunnermeier (2011).

<sup>39</sup> El ES captura características tales como tamaño, apalancamiento e interconexión (Acharya y otros, 2012).

<sup>40</sup> Ver discusión de causalidad en la sección 7.1.

<sup>41</sup> Ver discusión de causalidad en la sección 7.1.

<sup>42</sup>  $E\left(\epsilon_t^k \mid \epsilon_t^m > \frac{VaR^m}{\delta^m}\right); k = i, m$



una mayor curtosis en estos casos; asimismo, estas volatilidades son más sensibles a las innovaciones (“ $\alpha$ ” mayor) producidas un periodo previo.

En lo que respecta a los parámetros de la estimación DCC, se consigue una menor correlación incondicional del Interbank con el mercado, así como mayor persistencia ( $\beta$ ) en las correlaciones condicionales y menor reacción ( $\alpha$ ) de la correlación ante cambios en la volatilidad; mientras que el BBVA tiene menor persistencia en las correlaciones; pero, las correlaciones reaccionan más ante cambios en la volatilidad.

**Cuadro 4: Parámetros de la modelación TARCH y DCC\***

	TARCH				DCC		
	$W$	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\bar{\rho}$	$\alpha$	$\beta$
<b>Mercado</b>	0.00	0.31	0.10	0.55	--	--	--
<b>BCP</b>	0.00	0.16	0.11	0.71	0.43	0.04	0.93
<b>BBVA</b>	0.00	0.31	-0.03	0.46	0.42	0.07	0.87
<b>Scotiabank</b>	0.00	0.00	0.08	0.91	0.39	0.03	0.95
<b>Interbank</b>	0.00	0.17	-0.02	0.71	0.21	0.02	0.96

\*Tener en cuenta que los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$  que aparecen en ambos casos no son los mismos.

*Nota:* Las volatilidades de las instituciones y el mercado son modeladas según un TARCH(1,1,1); mientras que las correlaciones entre las rentabilidades de las instituciones con el mercado siguen a un modelo DCC (Dynamic Conditional Correlation). Ver sección 4.5.2.

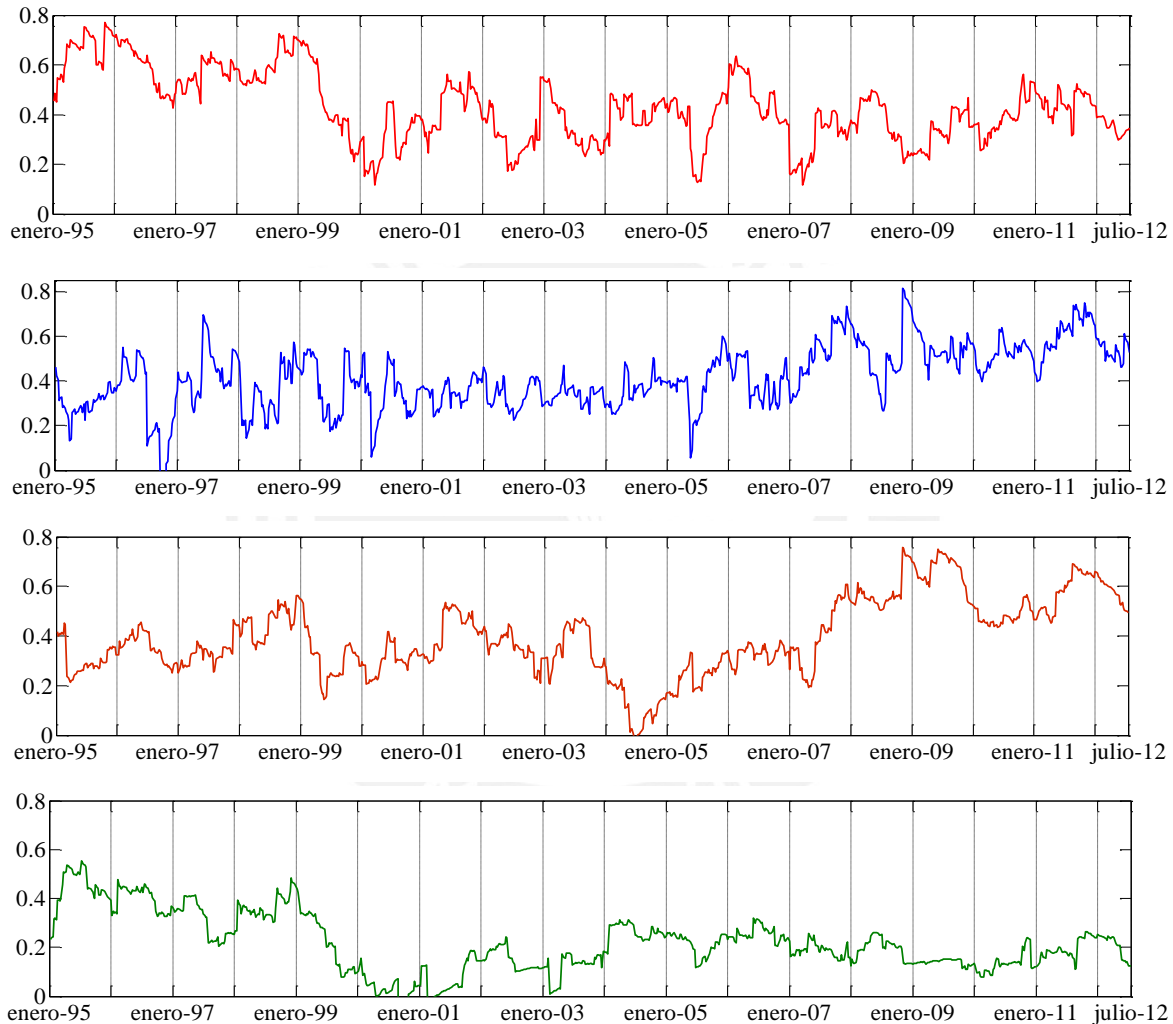
Entretanto, en línea a construir el MES, en el gráfico 10 se reporta el comportamiento de las correlaciones cambiantes en el tiempo para el BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank, en ese orden. Se puede observar que en general hasta finales de 1998 las correlaciones se mantenían relativamente elevadas. Sin embargo, a finales del año 1996 las correlaciones habían disminuido y durante la crisis asiática y rusa (1997-1998) estas comenzaron a subir nuevamente hasta llegar a un máximo alrededor de diciembre de 1998 en todos los casos.

En adelante el BCP mantuvo niveles de correlación estable en promedio y no muestra sensibilidad a la crisis de 2008. El BBVA mantuvo una correlación promedio que no cambió demasiado hasta mediados de 2005, a partir del cual tomó una ligera tendencia positiva que alcanza su máximo nivel en setiembre de 2008 con la quiebra de Lehman Brothers.

El Scotiabank (antes Wiese Sudameris) llegó a un nivel mínimo de correlación a mediados de 2004 a partir del cual tomó una tendencia positiva. Adicional a ello, en 2007 Scotiabank toma el control, posterior al cual, se genera una mayor relación de la evolución del precio de sus acciones con los acontecimientos del mercado, llegando a un máximo en el tercer trimestre de 2008.

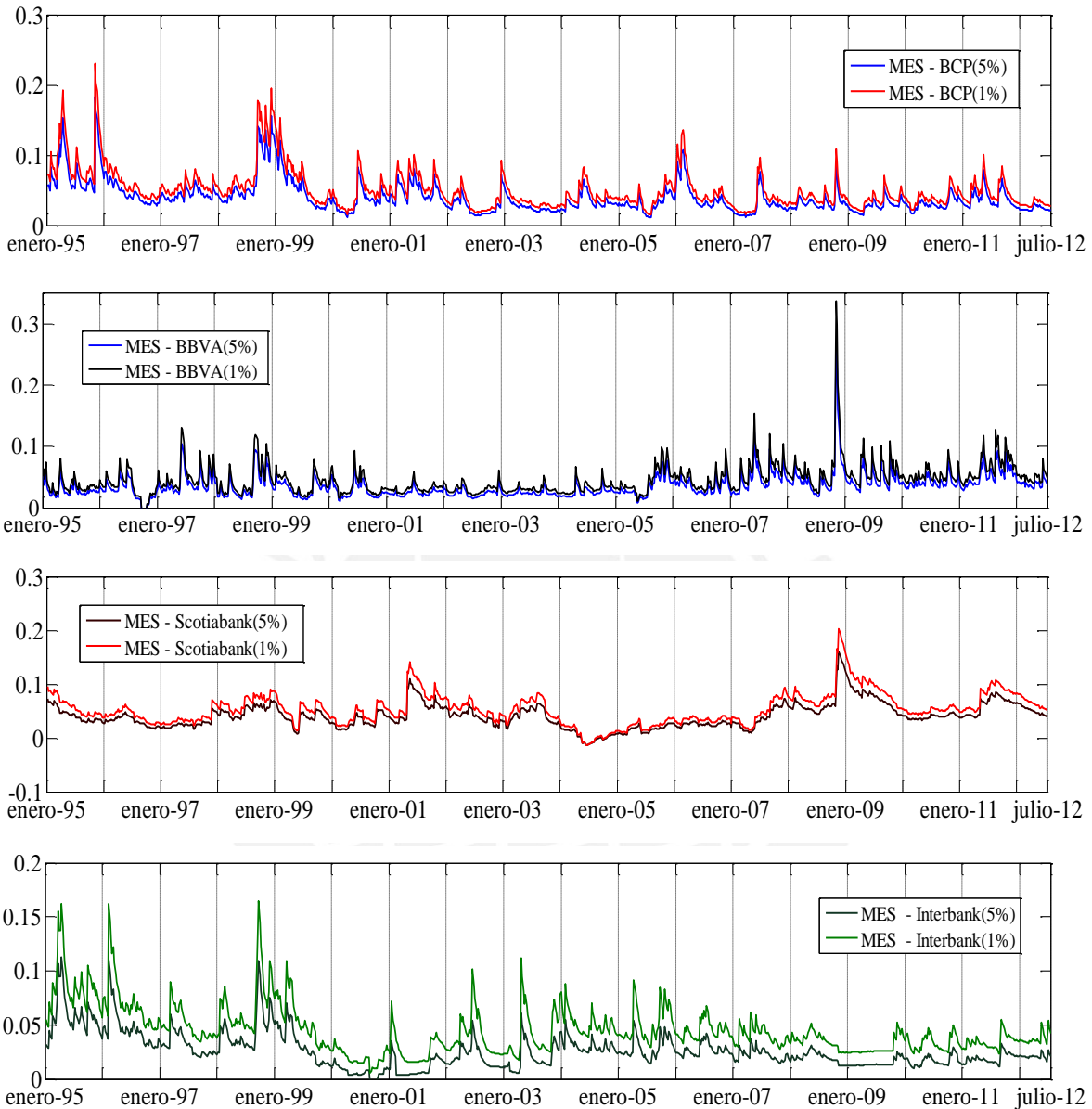
De manera general, las correlaciones de las instituciones con el mercado a finales de los 90 llegaron a alcanzar picos relevantes en todos los casos; mientras que en el 2008 las instituciones cuyas correlaciones alcanzaron picos máximos fueron BBVA y Scotiabank, en contraste a BCP e Interbank cuyas correlaciones no mostraron sensibilidad a la crisis financiera reciente.

**Gráfico 10: Correlación dinámica del BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank con el mercado**



*Nota:* Valores de las correlaciones condicionales dinámicas para los cuatro bancos. El gráfico muestra que las correlaciones de las rentabilidades de BBVA y Scotiabank con el mercado llegaron a un máximo en octubre de 2008; mientras que, en el caso de BCP e Interbank estos valores alcanzaron niveles bajos.

**Gráfico 11: Marginal Expected Shortfall (MES) del BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank**



*Nota:* El gráfico muestra los valores de:  $MES_t^i = E(r_t^i | r_t^m > VaR_t^m)$ , para  $\alpha=0.05$  y  $\alpha=0.01$ . Los resultados muestran que a finales del 99, BCP e Interbank tuvieron mayor sensibilidad en sus pérdidas esperadas; mientras que en octubre de 2008, BBVA y Scotiabank se convierten en instituciones con mayores pérdidas en términos esperados.

Usando las volatilidades y correlaciones halladas se construye el MES para cada banco. Esto indica la pérdida esperada de una institución cuando el mercado ha superado un umbral predefinido<sup>43</sup>. En el gráfico 11 se aprecia que a finales del 98 todos tienen un repunte

<sup>43</sup> En esta investigación usamos el promedio temporal del Valor en Riesgo de mercado calculado mediante el método de regresión cuantílica tanto al 5% y al 1% de confianza; asimismo usamos el máximo valor que alcanza el VaR al 5% de confianza como un escenario bastante extremo (ver cuadro 5). Esta especificación permite calcular distintos niveles de pérdidas esperadas para los bancos, las mismas que nos servirán para construir el indicador planteado acorde a la ecuación (2).

en sus pérdidas esperadas, de manera más significativa el BCP y el Interbank. En adelante las instituciones enfrentan menores niveles de MES, lo mismo que refleja la mejora en el contexto financiero generada por la celebración del convenio de integración entre el grupo Wiese y Sudameris (inicios de 1999, ver Informe Banco Wiese del Congreso).

Durante la crisis del 2008 el BCP muestra una ligera respuesta en el tercer trimestre y el Interbank deja de operar y quita volatilidad a su pérdida esperada. De otro lado, el BBVA y el Scotiabank fueron los bancos más sensibles a la crisis *subprime*, ya que ambos han tenido cambios considerables en sus pérdidas esperadas para ambos niveles de confianza; asimismo, note que esta mayor sensibilidad comenzó a mediados de 2005. Posteriormente en el año 2011, todos los bancos han recuperado cierto nivel de sensibilidad en sus pérdidas esperadas (agudización de la crisis griega).

El análisis del “*Marginal Expected Shortfall*” sin incluir el tamaño de capital y patrimonio, muestra que en los últimos años las instituciones más sensibles a escenarios de estrés son: BBVA e Scotiabank, consistente en cierto grado con el análisis Valor en Riesgo Condicional (CoVaR) de mercado en la sección 8.1, donde se identifica a estas instituciones como sistémicamente más riesgosas.

### 8.3. Implementación de indicadores de riesgo sistémico

#### 8.3.1. Apalancamiento bajo estrés

A este nivel, se cuenta con los insumos para implementar el indicador de riesgo asociado a cada banco. Este indicador está representado por el apalancamiento esperado de la firma cuando ocurre la pérdida. Es decir, permite evaluar la fortaleza del banco para mantener un nivel de capital deseable respecto a los activos totales bajo un escenario de estrés. En esta línea, previo a construir el indicador. El cuadro 5 muestra los valores promedio de pérdida semanal que ocurriría en el mercado con cierto nivel de probabilidad.

Estos valores son usados como umbrales en el MES para evaluar el comportamiento de las pérdidas esperadas de cada banco y el nivel de apalancamiento que alcanzarían cuando el mercado consigue rentabilidades negativas extremas.

**Cuadro 5: Valor en Riesgo del mercado**

5% de probabilidad		1% de probabilidad	
Promedio	Máximo	Promedio	Máximo*
-5.08%	-17.30%	-8.32%	-22.50%

\*Este valor no es tomado en cuenta por ser demasiado extremo.

*Nota:* Los valores mostrados son los promedios temporales de los promedios transversales de los VaR estimados según:  $VaR_t^m = \hat{\rho}_\alpha^m + \hat{\gamma}_\alpha^m r_t^i + \hat{\beta}_\alpha^m X_{t-1}$ , para los cuatro bancos a los niveles de probabilidad que aparecen en el cuadro.

El gráfico 12 muestra el caso cuando el mercado supera el umbral de 5.08% de pérdidas. Si esto hubiera sucedido para cada momento del tiempo, la proporción de patrimonio esperado respecto a los activos totales hubiera tenido el comportamiento acorde al gráfico.

En el periodo de 1997 y 1998 Scotiabank posee una significativa pérdida esperada que ubica a su patrimonio respecto a sus activos alrededor de 7%, lo cual paulatinamente va mejorando conforme pasa el tiempo hasta enero de 2003. De otro lado, la proporción de patrimonio de Interbank respecto a sus activos en términos esperados tiene una tendencia decreciente hasta finales de 1999 y tiene una fuerte caída a mediados del 2001; mientras que el BCP y el BBVA mantienen ratios esperados relativamente estables y superiores al 8% durante este periodo.

A partir de 2007 estos ratios esperados comienzan a caer de manera generalizada (a excepción de Scotiabank) hasta llegar a un mínimo con la quiebra de Lehman Brothers en setiembre de 2008. Aquí se puede observar que en términos esperados, el BBVA perdería mayor patrimonio como porcentaje de sus activos, ubicándose por debajo del 5%.

Entretanto, cuando el mercado se encuentra al nivel de su VaR (-8.32%) – con una probabilidad de 1%, el análisis es similar al caso anterior. No obstante, cabe resaltar que en octubre del 2008 el patrimonio del BBVA llegaría a estar alrededor de 4% de sus activos (ver gráfico 13).

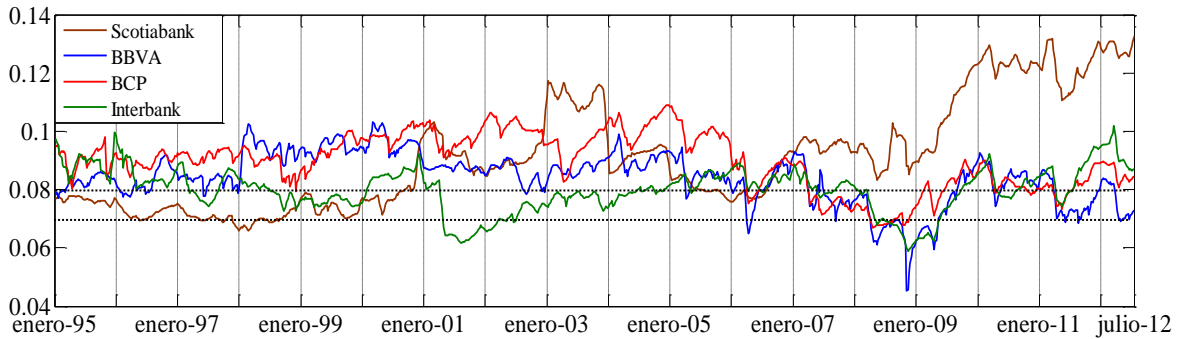
Haciendo el mismo proceso para un umbral más extremo (-17.3%) que corresponde al máximo que alcanzaría el mercado con un nivel de 5% de probabilidad, se obtienen resultados interesantes. El gráfico 14 muestra que bajo este escenario extremo, el más afectado en el periodo entre el 95 y el 2000 sería Scotiabank<sup>44</sup>; asimismo, en el 2008 el banco que hubiera sufrido mayores pérdidas de patrimonio como proporción de sus activos sería el BBVA, pues estuvo alrededor de 3%.

En resumen, el análisis del riesgo según el nivel de capital que alcanzarían los bancos como porcentaje de sus activos en épocas de tensión financiera, reporta que, en el periodo previo a 1999, la institución que en términos esperados tuvo una mayor pérdida de capital como porcentaje de sus activos totales fue Scotiabank (Entidad predecesora), soportando en cierta manera la fragilidad que enfrentó el Banco Wiese en aquel entonces; mientras que las otras instituciones consideradas en este estudio mostraron ratios en términos esperados alrededor de 8% hasta finales de 2007. Posterior a este año en octubre del 2008 el banco con mayor pérdida de capital como porcentaje de sus activos hubiera sido BBVA, mientras que Scotiabank, en contraste al periodo previo a 1999, sería la institución que reflejó mayor fortaleza contra pérdidas de capital como proporción de sus activos en términos esperados.

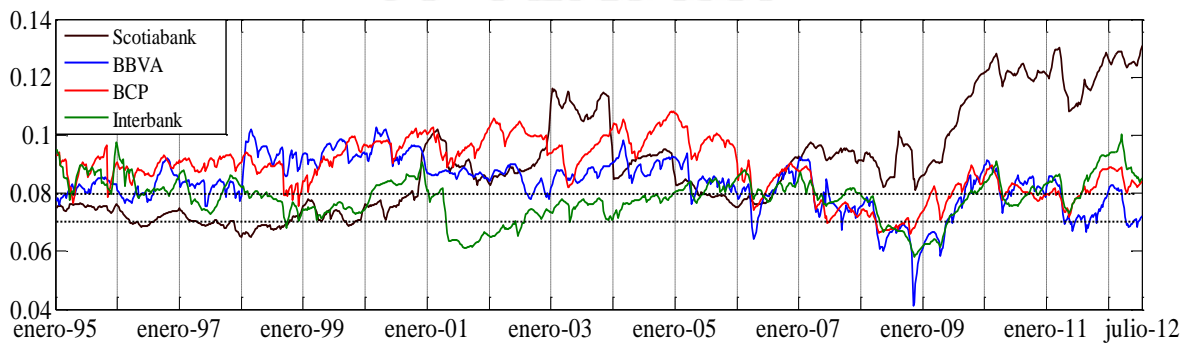
---

<sup>44</sup> Esto respaldaría la situación que atravesó el Banco Wiese.

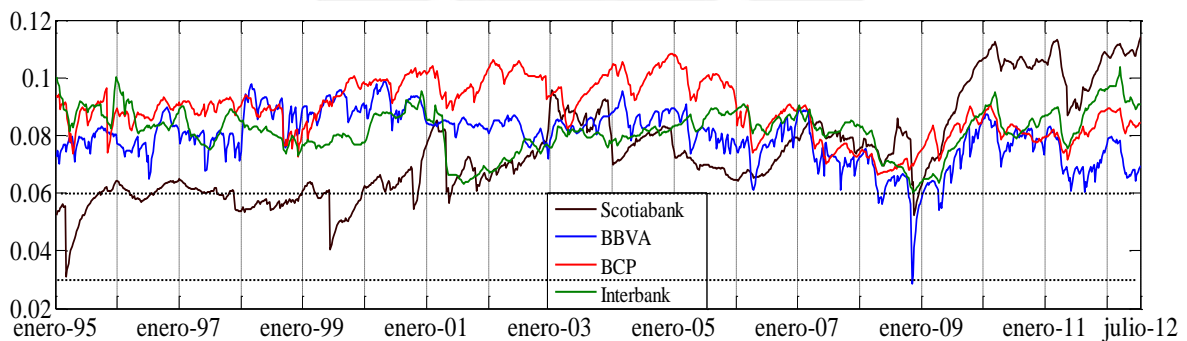
**Gráfico 12: Apalancamiento esperado al 5% de probabilidad**



**Gráfico 13: Apalancamiento esperado al 1% de probabilidad.**



**Gráfico 14: Apalancamiento esperado bajo una caída máxima del mercado al 5% de probabilidad.**



**Nota:** Los gráficos muestran el indicador:  $L_t^i = \frac{E_t^i(1-MES_t^i)}{\text{activos}}$ , que representa la capacidad de respuesta que tiene la institución para conservar un nivel adecuado de capital como porcentaje de sus activos, una vez que ocurre una pérdida de capital con un cierto nivel de probabilidad. El gráfico 12 muestra el ratio usando un MES calculado con un umbral (VaR) de mercado promedio al 5% de probabilidad el caso, asimismo el gráfico 13 muestra el ratio cuando se fija un umbral (VaR) de mercado promedio al 1% de probabilidad, mientras que el gráfico 14 muestra el ratio usando el valor máximo que alcanza el VaR en el periodo de estudio con un nivel de 5% (ver, cuadro 5).

### 8.3.2. Riesgo agregado

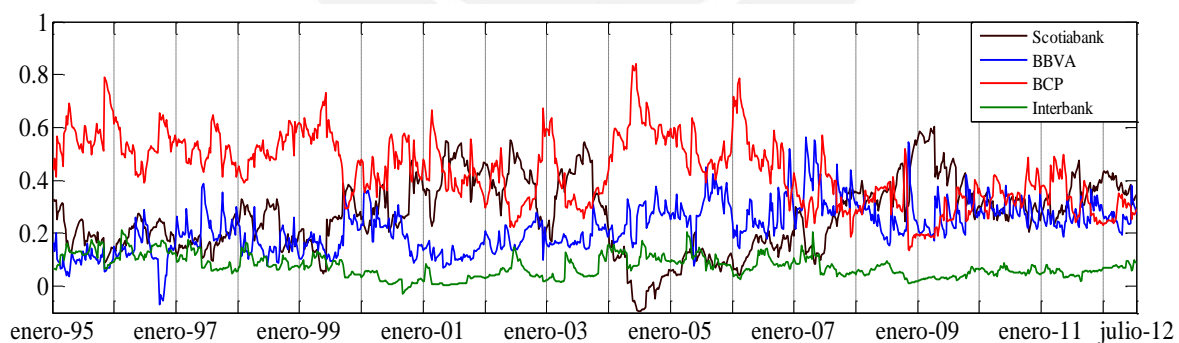
En la sección anterior, se ha visto las pérdidas que hubieran sufrido los bancos bajo escenarios de estrés en el mercado, así como su capacidad de mantener ratios deseables de patrimonio sobre activos en términos esperados. Sin embargo, es importante la inclusión del análisis del tamaño de las pérdidas individuales sobre el total, pues muestra la significancia de las pérdidas individuales como porción de las pérdidas totales.

Este indicador es fundamental para comprender si una institución que enfrentaría (en términos esperados) niveles bajos de capital como porcentaje de sus activos, representaría una amenaza significativa al sistema. Es así, que usamos el indicador planteado por la ecuación (3).

En el gráfico 14 se muestra que el nivel de pérdidas esperadas para el Scotiabank llega alrededor del 30% del sistema a mediados de 1999. Además, vimos que el patrimonio respecto a sus activos caería más que los otros (ver gráfico 14). Estas dos características muestran la significancia sistémica del banco en aquellos años.

De otro lado, Interbank pudo enfrentar una pérdida esperada considerable en 2001, pero no representó un buen porcentaje de pérdidas respecto a todo el sistema. Mientras tanto, el BCP es el banco que mantuvo pérdidas esperadas grandes como porcentaje del sistema hasta inicios del 2007; sin embargo, también su capacidad de respuesta se ha mantenido relativamente estable hasta esa fecha. En periodos posteriores, si bien cae su nivel de patrimonio respecto a sus activos, también lo hace su contribución al riesgo agregado.

**Gráfico 14: Riesgo agregado<sup>45</sup>**



*Nota: El gráfico muestra el indicador:  $rs_t^i = \frac{E_t^i * MES_t^i}{\sum_{i=1}^n E_t^i * MES_t^i}$ , para  $\alpha=0.05$  y  $\alpha=0.01$ . Este indicador muestra la significancia de la pérdida individual como porcentaje de las pérdidas totales en escenarios de tensión financiera.*

<sup>45</sup> Para ambos niveles de confianza y para todos Valores en Riesgo de mercado considerados, la evolución es similar.

En adición, BBVA es un banco que ha mantenido estable su nivel esperado de ratio patrimonio a activos, así como su contribución al riesgo agregado, a excepción del 2008 donde hubo probabilidad de que pierda mayor nivel de capital en relación a sus activos, comparados con los otros bancos. No obstante, si bien cayó su nivel esperado de patrimonio respecto a sus activos, así también cayó su contribución al riesgo agregado, por lo que ambos 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 el Interbank es la firma cuya pérdida es poco significativa frente al total, en todo el periodo de estudio. Sin embargo, a partir de 2010 el porcentaje de pérdidas que representa cada firma en el total, ha disminuido para las tres instituciones (BCP, BBVA, Scotiabank) más riesgosas sistémicamente, así como para el Interbank. Asimismo, el nivel de patrimonio que mantendrían las firmas financieras en situaciones de pérdidas extremas ha mejorado respecto al periodo de la crisis *subprime*. Sin embargo, este nivel es menor al periodo 2000 - 2006, a excepción del Scotiabank.





## 9. Conclusión

Si bien en el periodo de estudio, el Perú no ha enfrentado una crisis financiera que haya estancado la economía como en el caso de los Estados Unidos, sí hubo escenarios de crisis que demandaron demasiados recursos del estado<sup>46</sup> y contrajeron la demanda interna y la producción<sup>47</sup>.

El trabajo presentó instrumentos dinámicos que permiten medir el riesgo sistémico en el sistema financiero peruano, los mismos que reflejan escenarios generados por la crisis asiática – rusa y la crisis financiera 2007-2009. En esta línea, se ha planteado un indicador para medir la capacidad de respuesta esperada que tienen los bancos para mantener ratios deseables de apalancamiento, así como otro indicador que mide la evolución de la pérdida individual respecto a la pérdida total de capital en el sistema en términos esperados. Estos indicadores se complementan, por ello deben ser tomados de manera conjunta.

El análisis CoVaR indica que el Scotiabank es el que aporta mayor volatilidad en los Valores en Riesgo del mercado; sin embargo, no se ha ahondado esta metodología<sup>48</sup> ni se ha volcado estas pérdidas en términos monetarios. De otro lado, el *Marginal Expected Shortfall* arroja como resultado que en el 2008 los bancos que mayores niveles de pérdidas esperadas hubieran alcanzado, tanto al 5% y 1% de probabilidad, fueron el BBVA y el Scotiabank, respaldando su carácter de bancos internacionales subsidiarios<sup>49</sup>; cuyas matrices fueron afectados considerablemente por la crisis *subprime*.

Al margen de ello, en 2008 sólo BBVA conseguiría niveles de patrimonio sobre activos totales por debajo de 5% en términos esperados; mientras que Scotiabank es la institución que mantuvo mayores ratios (superiores al 8%), en contraste al periodo previo a 1999, donde consiguió ratios de patrimonio sobre activos totales por debajo del 7% (menor a todas las instituciones estudiadas), para todos los escenarios presentados ( $\alpha = 0.05$ ,  $\alpha = 0.01$ )<sup>50</sup>.

En cuanto a la representatividad de las pérdidas individuales, el BCP tuvo participación significativa hasta finales de 2007; sin embargo, posterior a tal fecha, las pérdidas esperadas individuales como porcentaje del total tuvieron comportamientos similares, a excepción de Interbank, cuya participación es baja en toda la muestra.

---

<sup>46</sup> Ver cuadro 1.

<sup>47</sup> Ver gráfico 5.

<sup>48</sup> Queda pendiente analizar esta metodología de manera rigurosa en próximos estudios.

<sup>49</sup> Procedencia española y canadiense respectivamente.

<sup>50</sup>  $\alpha$  es la probabilidad de encontrarse en un escenario de tensión financiera.

## 10. Bibliografía

- Acerbi C. y D. Tasche (2001), *“Expected Shortfall: a natural coherent alternative to Value at Risk”*.
- Acharya V., L. Pedersen (2010), *“Measuring Systemic Risk”*, New York University, Stern School of Business.
- Acharya V., R. Engle y M. Richardson (2012), *“Capital Shortfall: a new approach to ranking and regulating systemic risks”*, AEA Meetings, Session organized by Lars Hansen.
- Adrian T. y M. A. Brunnermeier (2011), *“CoVaR”*, Federal Reserve Bank of New York, Staff Report.
- Allen F. y D. Gale (2000), *“Financial contagion”*, Journal of Political Economy, Vol. 108, N° 1, pp. 1-33.
- Artzner P., F. Delbaen, J. M. Eber, y D. Heath (1998), *“Coherent measure of risk”*.
- Bank of England (2009), *“The role of macroprudential policy”*, Discussion paper.
- Beck T. y R. Levine (2004), *“Stock markets, Banks, and growth: Panel evidence”*, Journal of Banking & Finance, Vol. 28, N° 3, pp. 423-442.
- Berróspide M. J. (2000), *“Fragilidad bancaria y prevención de crisis financiera en el Perú”*, Monetaria abril-junio 2000.
- 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, Vol. 104, N° 3, pp. 535-559.
- Borio C. (2003), *“Towards a macroprudential framework for financial supervision and regulation”*, Bank for International Settlements, Working Paper N° 128.
- Borio C. (2011), *“Rediscovering the macroeconomic roots of financial stability policy: journey, challenges and a way forward”*, Bank of International Settlements, Working paper N° 254.
- Brownlees y Engle (2011), *“Volatility, correlations and tails for systemic risk measurement”*, Stern School of Business, New York University.
- Chari V. V. y R. Jagannathan (1988), *“Banking panics, information, and rational equilibrium”*, Federal Reserve Bank, Working paper N° 320.

- Congreso de la República del Perú (2002), *“Informe final de investigación: Proceso de salvataje del Banco Wiese”*.
- Danielsson J. (2011), *“Financial risk forecasting: the theory and practice of forecasting market risk”*, John Wiley.
- De la Torre A. y A. Ize (2009), *“Regulatory Reform: Integrating Paradigms”*, World Bank, Policy research working paper N° 4842.
- Diamond D. W y P. H. Dybvig (1983), *“Bank runs, Deposit Insurance, and liquidity”*, The Journal of Political Economy, Vol. 91, N° 3, pp. 401-419.
- Dowd K. (2009), *“Moral Hazard and the Financial Crisis”*, Cato journal, Vol. 9 N°1.
- Engle R. (2002), *“Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models”*, Journal of Business Economics and Statistics Vol. 20, pp. 339-350.
- Engle R. y K. Sheppard (2001), *“Theoretical and empirical properties of dynamic conditional correlation multivariate GARCH”*, National Bureau Economic Research, working paper N° 8554.
- Espino F. y A. Rabanal (2011), *“Riesgo de Interconexión en el Mercado Interbancario Peruano”*, Banco Central de Reserva del Perú, Revista Moneda N° 13.
- FMI (2009), *“Perspectivas de la economía mundial: Sustentar la recuperación”*, Estudios Económicos y Financieros, Octubre-09.
- 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 Vol. 32, pp. 611-638.
- Gay P. y S. Kapadia (2010), *“Contagion in financial networks”*, Bank of England, Working paper N° 383.
- Glosten L., R. Jagannathan, D. Runkle (1993) *“On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks”*. Journal of Finance Vol. 48, pp.1779-1801.
- Haldane A. (2009), *“Rethinking the financial network”*, Bank of England.
- Hernandez L. y F. Parro (2004), *“Sistema financiero y crecimiento económico en Chile”*, Banco Central de Chile, Working paper N° 291.

- Koenker R. y G. Bassett (1978), “*Regresssion Quantiles*”, *Econometrica* Vol. 46, N°1, pp. 33-51.
- Koenker R (2005), “*Quantile Resgression*”, Cambridge University Press.
- Nagurney A. y S. Qiang (2010), “*Financial Network: Estatics and Dynamics*”, Springer.
- May R. y N. Arinaminpathy (2009), “*Systemic risk: the dynamics of model banking systems*”, *Journal of the royal society*, pp. 823-838.
- Paredes R. (1999), “*Crisis asiática: la primera gran crisis de los mercados globalizados*”, Universidad Nacional del Rosario, *Revista Mundus* N° 2.4.
- Roengpitya R. y P. Rungcharoenkitkul (2011), “*measuring systemic risk and financial linkages in the thai banking system*”, Bank of Thailand.
- Rojas J. (1999), “*El influjo de capitales al Perú, 1990-1998*”, Pontificia Universidad Católica del Perú, Documento de trabajo 117.
- Schanz J., D. Aickman, P. Collazos, M Farag, D. Gregory y S. Kapadia (2011), “*The long-term economic impact of higher capitals levels*”.
- Schwarcz S. L. (2008), “*Systemic Risk*”, Duke Law School Legal Studies, Research Paper Series, Research Paper No. 163.
- Tsay R. (2010), “*Analysis of financial time series*”, third edition.
- University of Chicago (2010), “*Measuring systemic risk*”, Conference organized by Peter Hansen.
- World Bank (2011), “*The great recession and developing countries: economic impact and growth prospects*”.