



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS  
ESCUELA DE ECONOMIA Y ADMINISTRACION

# Pruebas de tensión en el sector bancario en Chile y el mundo: revisión y recomendaciones

Autores: Rodrigo Ignacio Gatica Silva y Simón Andrés M. Cáceres Román  
Profesor guía: José Luíz Ruíz Vergara  
Santiago, Enero 2011

**TITULO: “PRUEBAS DE TENSION EN EL SECTOR BANCARIO EN CHILE Y EL MUNDO: REVISION Y RECOMENDACIONES”**

Autores: Rodrigo Gatica y Simón Cáceres – Profesor Guía: José Luíz Ruíz Vergara

El pasado colapso de un gran número de compañías financieras dejó en evidencia las principales falencias a lo largo de todo el sistema, donde la mala gestión y la poca regularización por parte de las entidades bancarias son una de las tantas causas atribuibles a este colapso sistémico. En este sentido, este trabajo busca delinear las principales metodologías que debiesen abarcar las pruebas de tensión debido a que corresponden a una herramienta indispensable a la hora de evaluar la solvencia tanto de una entidad bancaria como del sistema financiero, ante shocks extremos en los fundamentos macro-financieros. A través de la descripción y exploración de casos realizados en Chile y el mundo se mencionan las metodologías de análisis de sensibilidad y análisis de escenarios, siendo estos últimos los más utilizados en la literatura debido a su mayor complementariedad y mayor grado de representatividad, resaltando las metodologías de datos de panel, series de tiempo, modelos estructurales y modelos VaR.

El objetivo de este documento es sentar las bases para futuros trabajos sobre la realización de pruebas de tensión, haciendo especial hincapié en que la elaboración de éstas se traduzca en una mejor evaluación de los riesgos presentes en la banca.

**Índice**

I. Introducción	4
II. ¿Qué es una prueba de tensión?	7
III. Revisión Bibliográfica	8
IV. Metodología	13
1. Análisis de Sensibilidad	15
2. Análisis de Escenarios	18
a. Series de Tiempo	20
b. Datos de Panel	22
c. Modelos Estructurales	24
d. Modelos VaR	25
V. Conclusiones	27
VI. Bibliografía	29

## I. Introducción

La reciente crisis sub-prime ha cambiado el contexto de desarrollo de las crisis puesto que esta vez han sido algunos países desarrollados como Estados Unidos, España, Grecia, entre otros, quienes han sucumbido ante este tipo de situación. Básicamente, la crisis se originó por el excesivo apalancamiento de muchas entidades financieras, la poca regulación de los supervisores, la reingeniería financiera y la mala calidad de calificación crediticia por muchas agencias de ratings. Ante esto, es importante para el mercado financiero que las Pruebas de Tensión cuenten con mayores especificaciones y representen los sucesos que una entidad financiera debiese evaluar a la hora de hacer frente a sucesos de esta envergadura. Sin embargo, ¿de qué se tratan y desde dónde vienen las pruebas de tensión? ¿Por qué es tan relevante para el mercado financiero este tipo de pruebas? ¿Qué es lo que se ha estado hablando en el mundo sobre este tema? ¿Qué hay sobre la situación de los bancos en Chile? Estas y otras preguntas son parte de lo que abordaremos en este trabajo para tener una noción general sobre el asunto, además de ser una base de revisión bibliográfica para futuros trabajos específicos sobre el tema.

Sin embargo, antes de profundizar en el tema, es necesario hacer una breve revisión sobre el origen de las pruebas de tensión a partir de las normas de regulación bancaria de Basilea, ya que constituyen la base de la mayor parte de la literatura al respecto.

Podemos señalar que, en primera instancia, el origen de Basilea I data del año 1988 cuando el Banco Internacional de Pagos (BIS por sus siglas en inglés), a través del Comité de Basilea (Basel Committee) divulga una serie de recomendaciones y procedimientos para la banca, con el fin de establecer una regla de capital mínimo con el objetivo de hacer frente a eventos adversos que se pueden vivir debido a un mayor riesgo de crédito, mayor riesgo de mercado y riesgo de tipo de cambio en las carteras de cada banco. Cabe señalar que todo esto partió principalmente debido a que las crisis económicas que iban sucediendo hacia la década de los 80 en países alrededor del mundo, la mayoría de las veces comenzaba con una crisis financiera ya que los bancos tenían posiciones riesgosas debido a que no todos sus clientes poseían la misma capacidad de pago. Por ello, Basilea I es el primer paso hacia un ordenamiento del sistema donde se establecen los criterios que

debiesen tener las entidades a la hora de evaluar los riesgos potenciales que poseen sus carteras.

Años después, Basilea I pasó de ser aplicado en un grupo reducido de países desarrollados a ser una norma para un conjunto de más de 100 países, exigiendo reglas más estrictas y una actualización del uso de la información dado los avances en las telecomunicaciones así como en el conocimiento sobre temas económicos, estadísticos y matemáticos que habían en el mundo. Es por ello que el 26 de junio del 2004 se publica Basilea II (aunque su aplicación comenzó en el 2006) que reemplaza el primer acuerdo, el cual aumenta las reglas no solo para las entidades bancarias sino que también poniendo mayores exigencias a las entidades reguladoras a la hora de establecer los requerimiento de capital además de agregar los riesgos financieros y operativos a la hora de evaluar su situación. En forma particular, la estructura de Basilea II se compone de tres grandes pilares: Pilar I de requerimientos mínimos de capital, el cual toma como base el primer acuerdo aunque cambiando el sistema de identificación de la calidad crediticia de los prestatarios donde, si antes se asumía una misma probabilidad de incumplimiento para todos los clientes, esta vez tiene un mayor detalle en su especificidad, diferenciando la calidad entre los deudores que tiene cada banco, además de incorporar el riesgo operacional de la entidad; Pilar II de proceso del examen supervisor, que da una mayor importancia a la regulación por parte de las entidades gubernamentales en el funcionamiento del mercado a la vez que exige un mayor compromiso en el resultado bancario ante eventos adversos que pudieran ocurrir y que podrían afectar negativamente no solo a las entidades, sino que también a la economía; por último, el Pilar III de disciplina de mercado que establece el compromiso entre la información que manejan las entidades y los supervisores, y como esta debe ser transparente en transmitirse hacia la sociedad. De esta forma, específicamente tomando el Pilar II y de acuerdo a la información sobre la condición financiera de un banco que debe ser transmitida hacia los reguladores, se deben realizar Pruebas de Tensión (Stress Test, ST), con el fin de cuantificar de forma inmediata los posibles efectos de una situación adversa sobre los balances del banco y sus posibles implicadas en el sistema económico.

Por último, posteriormente Basilea III (acuerdo suscrito en Septiembre de 2010 y el cual debe implementarse el 31 de diciembre de 2012), aunque mantiene la estructura de lo establecido en Basilea II, establece cambios sobre el nivel de adecuamiento de capital puesto que en las últimas crisis económicas, sobre todo la última comenzada en Estados Unidos, la responsabilidad en el contexto de los bancos ha sido mucho mayor. En este sentido, esta nueva normativa no solo exige que haya un colchón de recursos más amplio para hacer frente a futuras turbulencias, sino que también da una mayor importancia a las Pruebas de Tensión que los bancos debiesen realizar para evitar grandes pérdidas potenciales y con ello afectar el sistema financiero bancario.

Dado que las Pruebas de Tensión son un instrumento importante a la hora de evaluar la condición de un banco y sabiendo además que en Chile es un procedimiento relativamente nuevo, creemos que es importante indagar al respecto siendo ello el tema de nuestro trabajo.

En particular, este documento se estructura de la siguiente manera: En la primera sección abarcaremos la definición de Prueba de Tensión, precisando de qué tratan, en qué tipo de situaciones se utilizan y cómo se utilizan; luego, la segunda sección haremos una revisión a trabajos hechos en Chile y en el mundo con el fin de mostrar el nivel de cómo se está abordando el tema y hacia dónde se dirigen las Pruebas de Tensión; la tercera sección corresponde a establecer una idea sobre cómo abordar la construcción de una Prueba de Tensión dependiendo del caso que se quiera evaluar. En este sentido haremos hincapié en los errores comunes y cómo estos podrían superarse; por último, finalizaremos con la conclusión dando una revisión de lo hecho en el trabajo y cuáles son los desafíos a futuro.

## II. ¿Qué es una Prueba de Tensión?

Luego de lo mencionado en la introducción de este documento surge la pregunta natural sobre ¿Qué es una prueba de tensión? Si bien la literatura económica y financiera aborda esta pregunta de distintas perspectivas, pareciera ser que existe un claro consenso hacia dónde apunta el tema. Algunos autores definen una prueba de tensión como *“Un conjunto de técnicas que procuran medir la sensibilidad de un portafolio de activos y pasivos, de una entidad financiera o de un sistema financiero, a un conjunto de eventos extremos pero plausibles.”*<sup>1</sup>; mientras que otros señalan que *“Las pruebas de tensión suelen definirse como la evaluación de la situación financiera de un banco bajo circunstancias graves pero plausibles, para facilitar la toma de decisiones en dicha entidad.”*<sup>2</sup>

Las pruebas de tensión suelen aplicarse según una amplia gama de metodologías, desde pruebas de sensibilidad simples hasta pruebas más complejas donde se consideran distintos escenarios o posibilidades de contagio. De las definiciones anteriores también observamos que pueden variar en su nivel de agregación desde pruebas aplicadas a una cartera en particular, a un conjunto de carteras, a una institución en particular o al sistema bancario completo. También varían de acuerdo al tipo de riesgo sobre el que se aplican, ya sea riesgo de mercado, riesgo de crédito, riesgo operacional, riesgo de contagio y riesgo de liquidez.

Llegados a este punto merece la pena hacer hincapié sobre un par de detalles ya que, al igual como varios autores han señalado, el concepto de pruebas de tensión sobre un sistema bancario es un poco difuso. Esto radica en el hecho de que no están bien definidas las aristas sobre el nivel de agregación de datos que se deben utilizar. Esto, de no ser considerado, puede generar estimaciones sesgadas que podrían incluso subestimar el verdadero riesgo al que se enfrentan estas instituciones.

---

<sup>1</sup> Budnevich y Huerta, Ejercicios de Tensión para la banca Chilena, Mayo 2006

<sup>2</sup> Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, Principios para la realización y supervisión de las pruebas de tensión, Enero 2009.

Cabe señalar que una de las potenciales causas de lo anterior, es la complejidad de contar con una base de datos que sea fiel reflejo de lo que acontece en todo el sistema financiero. Si bien esta información podría parecer accesible para cualquier investigador, estamos conscientes de que mucha de la información que manejan estas instituciones es de carácter confidencial dada la potencial fuga de información privilegiada, por lo que no existen los incentivos por parte de algunas instituciones a declarar lo que acontece dentro de sus perímetros.

En relación a las metodologías señaladas anteriormente, nos centraremos principalmente en los análisis de sensibilidad y análisis de escenarios dada la abundancia de literatura al respecto. Budnevich y Huerta (2006) describen los análisis de sensibilidad como situaciones donde se buscan identificar las vulnerabilidades del sistema financiero ante cambios en las variables financieras individuales, tales como tasas de interés y tipos de cambio, y tiene como propósito medir el impacto de un evento particular, asociando dicho evento al movimiento de un solo factor de riesgo. Por otro lado, el propósito de un análisis de escenarios es evaluar la resistencia del sistema financiero a cambios simultáneos en ciertas variables económicas definidas en diversos contextos.

### **III. Revisión bibliográfica**

La mayoría de los trabajos realizados tanto en Chile como en el mundo corresponden a estudios sobre la solvencia o liquidez del sistema financiero ante shocks inesperados, tensionando la situación de cada banco. En este sentido, el procedimiento para la estimación de los modelos es en forma general, vale decir que se poseen relativamente hartos individuos y pocos períodos, por lo cual el tipo de ordenamiento de los datos corresponde a Datos de Panel. Así es posible tener distintos tipos de comportamientos ante un tipo de situación particular.

En Europa, específicamente Italia, Quagliariello (2004) desarrolló paneles estáticos y dinámicos para explicar a través de variables macroeconómicas, el flujo de provisiones

con pérdidas por colocaciones y las colocaciones en mora, ambos expresados como porcentaje de la colocación de la cartera correspondiente para riesgo de crédito, para el Banco de Italia entre los años 1985 y 2002 con datos trimestrales. En ellos encontró que el gasto en provisiones era explicado por el crecimiento del PIB, las tasas de interés de largo plazo, los índices de mercado bursátil italianos (usados como aproximaciones de ciclos de negocios y como valores de los activos de corporaciones, empresas), el flujo de créditos suspendidos (Non-Performing Loans, NPL) y la rentabilidad de los bancos medidas por el ROA (ratio que mide la rentabilidad sobre activos totales medios). Fuera de los resultados encontrados, en este trabajo el autor se cuestiona el uso de rezagos de la variable dependiente ya que provoca problemas econométricos de endogeneidad, además de existir simultaneidad entre las variables dependientes e independientes. Llega a la conclusión que si bien existe una relación entre recesiones y crisis bancarias, la relación temporal no es perfecta, y puede que no toda recesión coincide con una crisis bancaria ni toda crisis bancaria se produce durante una recesión económica. En efecto, el tema de que las crisis financieras no necesariamente coinciden con las crisis económicas es muy importante y será considerado en mayor detalle en el siguiente capítulo.

Por otro lado, en Austria, el Banco Central de Austria (Oesterreichischen Nationalbank, OeNB) en conjunto con el FMI, estimaron dos modelos para aplicar luego un shock de tensión: el primero de riesgo de crédito de los bancos que operan en Austria el cual se tensiona según los escenarios propuestos por el FMI<sup>3</sup>. Específicamente se tensiona el nivel de solvencia de los bancos a escenarios del tipo como una apreciación del euro, una reducción en la demanda mundial y una alta tasa de ahorro, todo ello acompañado con una política monetaria expansiva donde la variable dependiente es la probabilidad de default (PD). El segundo modelo considerado corresponde a uno hecho

---

<sup>3</sup> En primera instancia, para este trabajo analizado los escenarios propuestos para las pruebas de tensión sobre riesgo de crédito del FMI correspondían a una desaceleración de la actividad económica tal como en el año 2000. Esto equivale decir que en el período considerado para la prueba de tensión austriaca se tomaron tres escenarios de shocks: una apreciación del euro, una caída en la demanda mundial y un alto ratio de ahorro. Sin embargo, la recomendación del FMI fue cambiando en el tiempo para la realización de pruebas de tensión, proponiendo un escenario de shock como un aumento en el desempleo, una caída en los ingresos y un aumento en la tasa de interés. Para mayor detalle, revisar Paul Hilbers y Matthew T. Jones (2004).

sobre el riesgo de mercado en distintos escenarios. En este sentido, las variables dependientes que usan son la tasa de interés interbancaria y el tipo de cambio entre el euro y monedas fuertes como el dólar estadounidense y el yen japonés. Sin embargo, a nuestro juicio, lo rescatable de su trabajo está en que se consideran efectos de contagio entre entidades austriacas en el riesgo de crédito y efectos de contagio entre países a través de los tipos de cambio en los modelo para riesgo de mercado, logrando así aumentar el alcance de consecuencias exógenas macroeconómicas en la solvencia de los bancos.

En Italia, puntualmente Foglia (2008), revisa una serie de metodologías usadas por autoridades para realizar pruebas de tensión en base a shocks crediticios. Le da especial importancia a los vínculos existentes entre la microeconomía y macroeconomía, ya que muchas veces son los shocks microeconómicos los que contagian todo el sistema. En su trabajo resalta la complejidad relacionada con hacer pruebas de tensión a nivel macro, donde destaca una serie de pasos a seguir, entre los que menciona diseñar escenarios de shocks macroeconómico coherentes con los modelos econométricos que se aplican, la aplicación de modelos “satélite” para medir el crédito de riesgo y finalmente la correcta evaluación de pérdidas potenciales bajo los distintos escenarios de estrés.

Segoviano y Padilla (1996) destacan la importancia de la data para medir el riesgo de crédito de portafolios. Señalan que existen muchas restricciones con los datos y que normalmente la metodología paramétrica utilizada no usa distribuciones adecuadas o simplemente ignora shocks macroeconómicos en el riesgo de crédito. En el trabajo los autores proponen dos nuevas metodologías (probabilidad condicional de impago y otras) que mejoran las falencias de los métodos anteriores y obtienen estimadores más robustos. La idea de estas metodologías es que en cierta manera podrían mejorar las pruebas de tensión aplicadas en el sistema financiero ya que los requerimientos de información necesaria son menos restrictivos que los modelos paramétricos convencionales y por lo tanto, podrían ayudar a detectar fallas en el sistema de una mejor manera que los métodos tradicionales.

Otro trabajo a destacar es el realizado por Wong, Choi y Fong (2006) para los bancos comerciales de Hong Kong ya que construyen dos modelos macroeconómicos de riesgo de crédito: el primero consistente en un modelo de regresión múltiple y el segundo a través de modelos autorregresivos. Ambos examinan la relación entre la tasa de default de los préstamos bancarios y varios factores macroeconómicos, encontrándose mayor correlación de la situación de los bancos con respecto al PIB de Hong Kong, las tasas de interés y los precios de los bienes raíces y el PIB de China. Así, para el primer trimestre de 2006, el primer escenario de stress consistió en una caída del PIB real de entre el 0,8% y 3,9% del PIB de Hong Kong, el segundo en una caída del 3% en el PIB real de China, el tercero de una aumento en la tasa de interés real de 300 puntos bases y, por último, una disminución entre 4,4% y 16,9% del valor real de las propiedades de la isla. De esta manera, si bien en los resultados no se encontraron situaciones de peligro para el sistema financiero bancario de Hong Kong, el trabajo nos da nociones sobre cómo enfrentar efectos de contagio en los modelos de tensión de una forma menos sofisticada que la realizada por el banco central Austria pero aun así efectiva.

En tanto a nivel nacional, se ha encontrado evidencia de que las provisiones bancarias y el crecimiento económico tienen una correlación negativa (Jara, 2005). Específicamente hay una relación contracíclica e incluso una exacerbación de las provisiones ante una mala condición económica del país. Esto se da fundamentalmente ya que en períodos de menor crecimiento económico, el empeoramiento de las condiciones financieras de los deudores bancarios se ve reflejado en aumentos en el gasto en provisiones llevando posiblemente a condiciones de inestabilidad financiera. En este contexto, Budnevich y Huerta (2006) realizaron pruebas de tensión para riesgo de crédito y riesgo de mercado de las entidades bancarias chilenas mediante el uso de datos de panel. En particular, la prueba de tensión para riesgo de crédito consistió en tensionar la variable bancaria gasto en provisiones como porcentaje de colocaciones totales de acuerdo a una metodología de escenarios econométricos, con respecto a un aumento en la tasa de desempleo, en la tasa de interés y en el tipo de cambio real; mientras que para riesgo de crédito la metodología usada fue de análisis de sensibilidad donde los shocks

usados fueron en el tipo de cambio, en la tasa de interés y en el spread soberano. De esta manera, se evaluó la situación de los bancos a partir de su situación patrimonial con respecto a los shocks, a la vez que cuántos de estos pueden resistir estas situaciones.

Para ese momento, el resultado principal fue que la banca chilena poseía una buena situación financiera incluso ante un evento relativamente fuerte económico, donde un número reducido de bancos estarían en situación de precaución.

Años más tarde, usando la metodología explícita de la variable dependiente usada en Budnevich y Huerta (2006), Alfaro, Calvo y Oda (2009) a través de un modelo agregado del riesgo de crédito nacional para variables como gasto en provisiones y castigos sobre colocaciones totales, evaluaron la condición del sector consumo de las entidades bancarias chilenas. Para ello usaron variables macroeconómicas como la brecha de producto, la tasa de captación en UF promedio del sistema bancario entre uno y tres años y la tasa de desempleo. De esta forma se encontró una fuerte relación entre el ciclo económico y las variables bancarias, donde por ejemplo se señala que ante un shock negativo sobre la brecha de producto, el crecimiento de las colocaciones se ve afectado negativamente mientras que además aumenta el gasto en provisiones y los castigos, deteriorando la cartera de créditos y por ende, el sistema bancario nacional.

Si bien todo lo anterior habla sobre cómo las condiciones económicas pueden afectar la situación de un banco, es importante tomar la perspectiva de cómo un shock a alguna variable macroeconómica puede perjudicar la condición financiera de los clientes últimos de las entidades, ya que son estos quienes se ven primeramente perjudicados ante por ejemplo, un aumento del desempleo, repercutiendo su ingreso disponible y por ende, aumentando su probabilidad de incumplimiento. Por ello, siguiendo este planteamiento Fuenzalida y Ruíz-Tagle (2010) utilizan la Encuesta Financiera de Hogares (EFH) que realiza el Banco Central de Chile para cuantificar la deuda en riesgo de los hogares cuando hay un escenario de aumento en el desempleo. En su trabajo, específicamente a través de un modelo de datos de panel se enfocan en la capacidad que tienen los individuos de generar ingresos ante un aumento en 5% de la tasa de desempleo

(mayor al ocurrido durante la crisis asiática) en la probabilidad de perder el empleo. Luego, incorporando este dato en cada individuo del panel obtienen la deuda en riesgo correspondiente a la situación financiera de cada hogar deficitaria. De esta manera, a grandes rasgos encuentran que si bien un aumento del desempleo es importante desde el punto de vista de haber mayor probabilidad de quedar desempleado (y por ende prescindir de ingresos laborales) en los sectores de menores ingresos, estos no poseen un tamaño en su deuda significativa que afecte al sistema bancario en su conjunto, por lo tanto el monitoreo debería estar enfocado hacia hogares de mayor ingreso.

#### **IV. Metodología**

Posterior a la revisión de un conjunto de trabajos y así darnos una idea sobre cómo enfocar nuestra construcción y análisis sobre una prueba de tensión, es importante destacar que en su mayoría se trataron de trabajos que evaluaban la condición del mercado financiero bancario ante shocks económicos, a excepción del trabajo de Fuenzalida y Ruíz-Tagle. Sin embargo, si bien las pruebas de tensión estaban llamadas a evaluar las condiciones ex ante al suceso en las entidades, estas no fueron lo suficientemente severas para prevenir el colapso y la quiebra de varios actores del mercado<sup>4</sup>, así como tampoco consideraron los efectos de retroalimentación entre el sector real de la economía y el mercado financiero producto de la crisis, considerado un problema econométrico de endogeneidad entre riesgos<sup>5</sup>. En este sentido esto nos plantea un gran desafío para la construcción de un modelo que incorpore estos efectos y tome en cuenta una serie de mejoras consistentes con la nueva literatura.

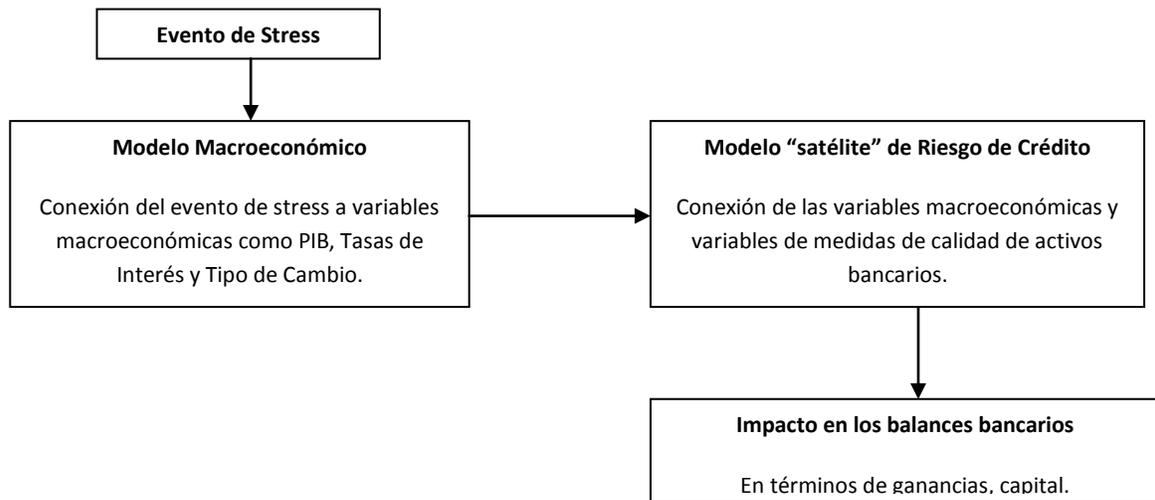
Foglia (2008) y en general la literatura sobre pruebas de tensión a nivel sistémico representan las pruebas de tensión por una serie de pasos ilustrados en el siguiente diagrama:

---

<sup>4</sup> Alfaro, Rodrigo y Drehmann, Mathias, “Macro Stress Tests and Crises: What can we Learn?”, Bank for International Settlements (BIS), 2010.

<sup>5</sup> Drehmann, Mathias, “Stress Tests Objectives, Challenges and Modeling Choices”, Bank for International Settlements (BIS), 2008.

Figura 1



Donde se observa la relevancia de los modelos macroeconómicos y su vínculo con los balances de los bancos mediante modelos satélites. Creemos que es una buena manera de ilustrar esquemáticamente los pasos a seguir.

En base a lo anterior y en especial a los trabajos realizados por Budnevich y Huerta, partiremos analizando una serie de metodologías utilizadas en las pruebas de tensión haciendo especial hincapié en los análisis de sensibilidad y análisis de escenarios.

#### **IV.1. Análisis de sensibilidad**

Una de las principales características de este análisis es tratar de identificar las variables más relevantes a la hora tensionar las carteras de los bancos ya sea de manera agregada o individual, determinando la sensibilidad de las carteras a cambios abruptos en alguna variable fundamental. En la literatura, este tipo de análisis se utiliza más en variables de riesgo de mercado como tipo de cambio, spread soberano, tasas de interés y precio de los commodities, donde básicamente se estiman las pérdidas en las carteras de los bancos frente a movimientos anormales de estas variables.

Luego, el siguiente paso es obtener las sensibilidades de cada variable y definir los horizontes temporales en los cuales los balances de las instituciones podrían verse afectados. La determinación de los horizontes temporales de cada shocks debería tener en cuenta la heterogeneidad de los distintos bancos a nivel nacional, ya que los sectores a los que cada banco apunta podrían diferir sustancialmente y, por lo tanto, también sus capacidades para responder y recomponer sus carteras.

En relación a los shocks aplicados sobre cada variable escogida, se deberían escoger las magnitudes de alzas o bajadas que sean consistentes con la realidad nacional, ya que no es prudente simular escenarios que probablemente se alejen en extremo del contexto nacional. El criterio de elección debería ser sustentado con alguna investigación correspondiente, donde por ejemplo, instituciones internacionales recomiendan cambios en tasas de interés de 200 puntos base para economías en desarrollo y de 100 puntos base para economías desarrolladas. Siguiendo la misma línea para Chile, el FMI propone un aumento paralelo de la curva de rendimientos tanto en pesos y UF de 1,7% y 1% para la curva de rendimientos en dólares. Sin embargo, algunos autores han señalado que previo a la reciente crisis subprime, los shocks aplicados no fueron lo suficientemente severos y gran parte de los riesgos subyacentes fueron obviados, dejando un gran espacio de discreción a la hora de su aplicabilidad<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Alfaro, Rodrigo y Drehmann, Mathias, "Macro Stress Tests and Crises: What can we Learn?", Bank for International Settlements (BIS), 2010.

En el plano local, Budnevich y Huerta (2006) proponen una serie factores de sensibilidad que las instituciones financieras debiesen ocupar. Para las tasas de interés proponen un indicador que representa básicamente la diferencia de precios de un instrumento cero cupón asociada a cambios en la tasa de descuento:

$$Sensibilidad = \frac{1}{(1+r)^n} - \frac{1}{(1+r+\Delta r)^n} \quad (1)$$

Donde

r = tasa de interés del punto medio de la banda temporal

$\Delta r$  = variación de la tasa de interés del punto medio de la banda temporal

n = plazo medio de la banda temporal correspondiente

De esta manera, se obtienen los distintos niveles de sensibilidad para los distintos plazos que a priori se debiesen definir.

En relación a los shocks sobre el spread soberano, las alternativas que plantean estos autores apuntan al mecanismo de transmisión de este tipo de evento, ya que puede ser que el shock se traspase directamente a las tasas de interés o se traspase vía tipo de cambio. Dependiendo del canal escogido, si bien es necesario tener una medida concreta de sensibilidad, creemos que es relevante para futuras investigaciones que profundicen en el tema.

Aunque es menos común la aplicación de esta metodología en riesgo de crédito, Klepac (2008) desarrolla un modelo de la sensibilidad de un portfolio de clientes bancarios para el banco Raiffeisen de Austria. Específicamente estima la probabilidad de cuáles clientes caerán en default y cuáles no como se ilustra la ecuación (2). Luego se les aplica un shock económico<sup>7</sup>, con el fin de tener una idea del riesgo potencial que puede existir en nuevos clientes según las características observables.

---

<sup>7</sup> En este caso las variables independientes consisten en las características de cada cliente y la situación macroeconómica que se vive en el momento de la estimación. Esto se debe a que posterior al momento de estimar los parámetros a través de un modelo logit, se puede tener una medida de cómo impacta la variable

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n \quad (2)$$

Luego, la probabilidad de default puede extenderse hacia obtener un puntaje como en la ecuación (2), tal que la rentabilidad del banco se vea castigada a través de las colocaciones riesgosas que se poseen (Activos Ponderados por Riesgo, RWA su sigla en inglés) y así obtener el impacto de un shock económico en los clientes afectando la calidad de las carteras bancarias.

$$P = \frac{e^z}{1+e^z} \quad (3)$$

Si bien la idea de este documento es describir detalladamente las diversas metodologías existentes en la actualidad, el análisis de sensibilidad presenta una serie de desventajas en relación a los otros tipos de análisis. Chopra (2009) señala que el análisis de sensibilidad no es muy realista puesto que en tiempos de crisis, gran parte de los factores de riesgo se ven afectados de manera conjunta y no de manera individual. Además señala que este tipo de pruebas refleja puntos de vista subjetivos de los administradores de riesgo acerca de los cambios esperados en las variables, como una manera de influenciar en alguna variable relevante para el banco.

En línea con lo anterior, Budnevich y Huerta (2006) señalan que este tipo de metodología considera un impacto de los shocks en bandas temporales de corto plazo, por lo que sus efectos se disipan en el tiempo volviendo a un estado de origen que es irreal ya que los escenarios generados son distintos a los iniciales.

---

macro en la probabilidad de default, así entonces se puede aplicar un shock a esta variable y ver la nueva probabilidad de impago para luego castigar las colocaciones riesgosas.

## IV.2. Análisis de escenarios

Otra metodología en la literatura muy usada son los denominados análisis de escenarios. Estos consisten básicamente en evaluar la capacidad de respuesta del sistema financiero frente a cambios simultáneos en variables macro financieras. El motivo principal para utilizar este tipo de análisis en vez del análisis de sensibilidad, es que refleja de mejor manera las crisis económicas y financieras, donde los cambios en las variables ocurren de manera conjunta y no de forma aislada.

Un elemento importante a la hora de replicar este tipo de análisis es asegurar que los cambios en las variables económicas sean consistentes con la coyuntura económica, ya que por ejemplo, no sería plausible generar cambios abruptos en el tipo de cambio en una economía que utilice un régimen de tipo de cambio fijo. Algunas instituciones, como Derivates Policy Group (1995), sugieren una serie de escenarios que incluyen cambios paralelos de 100 puntos en la curva de rendimientos, cambios de  $\pm 10\%$  en el índice accionario, variaciones de  $\pm 6\%$  en el tipo de cambio, y alteraciones de  $\pm 20\%$  en la volatilidad. Otros autores señalan que los análisis de escenarios podrían replicar situaciones históricas, como al reciente crisis subprime, la crisis asiática, la crisis de Rusia, crisis Mexicana, etc.

Budnevich y Huerta (2006) mencionan la aplicación de dos tipos de enfoques para este tipo de análisis. El primero permite la interacción simultánea de varios shocks, mientras que en el segundo las variaciones de los factores de riesgo se simulan sobre la base de ciertos supuestos acerca de posibles crisis políticas, económicas y/o financieras que pudiesen ocurrir traducidas en las variables económicas.

Llegados a este punto, es importante hacer hincapié en que el diseño de escenarios es una etapa crucial para este tipo de análisis.

Un estudio de Čihák (2007) señala la manera en que se pueden diseñar escenarios coherentes para las pruebas de tensión. Propone que, en general, existen dos maneras de indagar sobre los riesgos del sistema financiero. La primera es preguntar, para un nivel

dado de confianza, qué escenario tiene el peor impacto en el sistema (“el enfoque del peor caso”). La segunda forma es preguntar, para un impacto dado en el sistema, cuál es la combinación de shocks más verosímil que debería ocurrir para que produjese dicho impacto (“el enfoque de umbral”). En base a lo anterior, un elemento importante a considerar es que normalmente los escenarios considerados son eventos de baja probabilidad de ocurrencia, por lo que establecer a priori los niveles de confianza para cada escenario puede resultar una tarea muy complicada en práctica dejando mucho espacio para discreción del analista.

Es importante recalcar que para este tipo de análisis se requieren una serie de herramientas econométricas y matemáticas que son fundamentales a la hora de evaluar el impacto de cada escenario sobre los indicadores financieros. El desentendimiento de estos conceptos puede generar una sobre o subestimación del riesgo que podría desencadenar en una mala asignación de créditos y en pobre capacidad de respuesta de las instituciones financieras.

Así entonces, resumiendo lo anterior, tenemos que el análisis de escenarios se enfoca en el impacto de un shock macro financiero sobre un cambio en un conjunto de variables económicas y financieras en un indicador del sistema bancario (por ejemplo gasto en provisiones). De esta manera se busca una relación entre variables económicas y bancarias a partir del uso de datos históricos que son conducidos a través de estimaciones de modelos econométricos. En particular, de acuerdo a Sorge (2004) y a otros autores las metodologías econométricas para la estimación de modelos para el análisis de escenarios se pueden clasificar en técnicas de: Series de Tiempo, Datos de Panel, Modelos Estructurales y Modelos VaR.

- a) Series de Tiempo: Básicamente, este procedimiento estima un modelo para un tipo de individuo a través del tiempo. En otras palabras, aplicado en nuestro contexto de pruebas de tensión, esta metodología se puede adaptar tanto a una cartera bancaria, una institución bancaria o el mercado bancario agregado con respecto a variables macroeconómicas en un período de tiempo.

En concreto, la literatura generalmente utiliza variables dependientes como los créditos suspendidos (Non-Performing Loan, NPL) o provisiones por incumplimiento (Loan Loss Provisions, LLP). Lo más utilizado para evaluar la condición de una entidad o el estado del mercado financiero de un país.

En esta vía, Kalirai y Scheicher (2002) estiman un modelo de serie de tiempo para las provisiones por incumplimiento agregadas para el sistema bancario de Austria, con datos desde 1990 hasta 2001. Para ello utiliza la variación de provisiones por incumplimiento (o gasto por incumplimiento) sobre el total de colocaciones como variable dependiente con respecto a una serie de datos macroeconómicos de acuerdo a la siguiente ecuación (4).

$$\Delta LLP_t = \alpha_0 + \alpha_1 x_{1t} + \dots + \alpha_i x_{it} + u_t \quad (4)$$

Donde

$LLP_t$  Es el gasto en provisiones sobre las colocaciones totales en el período t

$x_{it}$  Es el cambio en el factor i en el período t

$u_t$  Es el residuo que tiene un comportamiento  $u_t \sim N(0, \sigma^2)$

De esta manera incluye variables independientes económicas como el PIB de Austria, la estabilidad de los precios (medida por el Índice de Precios al Consumidor, CPI), ingreso, consumo e inversión en los hogares y sectores corporativos, además de índices de mercados financieros (tasas de

interés e índices de mercados accionarios) y variables que afectan la solvencia externa como tipo de cambio, exportaciones y precio del petróleo.

Años más tarde, como punto de partida hacia técnicas de estimación más sofisticadas, Sorge y Virolainen (2006) estiman un modelo MCO entre el gasto en provisiones sobre colocaciones totales y variables económicas como el crecimiento del PIB desestacionalizado y el cambio en la tasa de interés de corto plazo, además del crecimiento del ratio de gasto en provisiones y colocaciones para el sistema bancario de Finlandia de forma trimestral.

Lo interesante del modelo está en que todas las variables independientes presentan rezagos de tiempo. En efecto, los autores argumentan que para el rezago en el crecimiento de las provisiones hay una idea de que los bancos hacen nuevas provisiones pensando en las provisiones que ya tienen; mientras que para el PIB desestacionalizado, los bancos probablemente hagan nuevas provisiones si este crecimiento ha disminuido o decrecido. De esta forma hay mayor posibilidad de que los clientes vayan deteriorando su condición de pago en un promedio de un año previo. Por último, el crecimiento de la tasa de interés se asocia a mayores costes de financiación para los deudores de los bancos y, por ende, habría mayor provisión para pérdidas crediticias aunque con un período de retraso. Así, por lo tanto la ecuación (5) representa lo anteriormente mencionado.

$$\Delta LLP_t = \alpha + \beta \Delta LLP_{t-1} + \gamma \Delta PIBdes_{t-3} + \delta \Delta r_{t-1} + u_t \quad (5)$$

Sin embargo, una vez visto trabajos sobre este tipo de metodología, por un lado queda la idea que esta técnica obtiene resultados en un modo general. Esto se debe a que hay hechos que no necesariamente impacten a cada banco ni a todos los individuos por igual, por lo que esta especificación

no captura dichos efectos. Por otro lado, para una estimación consistente, el tamaño de la muestra que se utilice debería capturar un ciclo económico completo para así conseguir la reacción que tiene el mercado o la entidad sobre el contexto que vive, lo cual este tipo de especificación difícilmente puede hacerlo.

- b) Datos de Panel: este método es una extensión de la técnica anterior ya que trata a una mayor cantidad de individuos a través del tiempo. En efecto, esta metodología se puede aplicar desde una serie de individuos de una cartera particular de una entidad bancaria, o en el total de entidades del mercado bancario de un país en el tiempo. De esta forma es posible captar la heterogeneidad de cada elemento que compone la muestra a analizar, así como también cómo es que los afecta la situación económica de acuerdo a esa diferencia de sus características.

Un ejemplo de ello, grosso modo, de acuerdo a distintos trabajos revisados, Quagliariello (2004) propone la siguiente ecuación para la estimación de modelos para pruebas de tensión.

$$BSV_{it} = BSV_{it-j} + MV_{it-j} \quad (6)$$

Con

$BSV$ : Variable específica bancaria

$MV$ : Variable Macroeconómica

Donde en este caso, para datos de panel correspondería a  $i > 1$  y  $j > 0$ , consistente con lo presentado en Sorge y Virolainen (2006) para serie de tiempo.

De esta forma, estima un modelo dinámico para el gasto en provisiones sobre las colocaciones totales para los bancos de Italia entre 1985-2002 ( $LLP_{it}$ ), especificado en la siguiente ecuación (7).

$$LLP_{it} = \alpha + \sum \gamma_j LLP_{it-j} + BSV_{it-j}\beta + MV_{t-j}\delta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

El cual, en su forma diferenciada, elimina los atributos similares entre las entidades en el tiempo para así reducir sesgos de posibles variables omitidas en el modelo.

$$\Delta LLP_{it} = \sum \gamma_j \Delta LLP_{it-j} + \Delta BSV_{it-j}\beta + \Delta MV_{t-j}\delta + \Delta \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Con BSV variables específicas de cada banco como el crecimiento de las provisiones sobre las colocaciones, el crecimiento de las colocaciones, la relación costo e ingreso, el ROA del banco, entre otras más, la mayoría de ellos con al menos un rezago de tiempo. Mientras que para las variables macroeconómicas, el autor utiliza el crecimiento del PIB, la tasa de interés de largo plazo de los bonos del tesoro, índices bursátiles, entre otros más.

Si bien, tal como se mencionó en el principio, este tipo de modelos captura la heterogeneidad de reacción al momento de un shock entre distintos individuos a través del tiempo, existe el problema de no linealidad que se asume entre las variables del modelo al momento de la estimación. En efecto, la sensibilidad de cada entidad ante los sucesos no necesariamente puede verse representada como un efecto lineal, sino que puede ser que se vea traducido en los bancos luego de un efecto en otras variables económicas a partir del shock, o como una consecuencia directa y amplificada después del shock económico, no siendo así capturado en totalidad (Čihák, 2007).

- c) Modelos Estructurales: Básicamente la idea está en medir el riesgo de un quiebre general del sistema financiero y no simplemente en instituciones individuales. El énfasis está en medir la exposición del sistema financiero a shocks en variables macroeconómicas.

Bandt & Oung (2004) usan el siguiente modelo para medir la rentabilidad de los bancos franceses:

$$M_{i,t} = 0,64 + 0,68M_{i,t-1} + 0,35p_t^* - 0,59\sigma_{p,t}^{*2} + 0,29P_t^*\Delta L_{i,t} - 0,20\pi_{i,t} + \pi_{i,t} \quad (9)$$

Donde:

$M_{i,t}$ : Margen de intereses netos del banco  $i$  en el periodo  $t$ .

$p_t^*$ : Diferencia en las tasas de interés sin riesgo.

$\sigma_{p,t}^*$ : Volatilidad de la pendiente.

$\Delta L_{i,t}$ : Tasa nominal de crecimiento de préstamos para el banco  $i$  en el periodo  $t$ .

$\pi_{i,t}$ : Costo del riesgo esperado por el banco  $i$  en el periodo  $t$ .

Este modelo fue desarrollado originalmente por Flannery (1981) y corresponde a un panel dinámico que fue calibrado usando la base de datos de agentes financieros (BAFI) en Francia. Un elemento importante que se debe mencionar es que los escenarios de estrés fueron construidos gracias a modelos macroeconómicos utilizados por el banco central de Francia, donde se generan shocks exógenos en las variables y se evalúa su impacto de propagación a través del modelo anterior. Las principales variables utilizadas en la creación de estos escenarios son agregados microeconómicos relacionados con la calidad de activos, rentabilidades y sensibilidades a riesgos de mercado, mientras que los indicadores macroeconómicos corresponden crecimiento económico, volatilidad de tasas de inflación, tasas de interés y tipos de cambio.

Sin embargo, pese a que los modelos estructurales son una herramienta muy utilizada en la literatura económica para modelar el comportamiento de los agentes, no está excepto de críticas. La más conocida es la hecha por Robert Lucas, donde basándose en la Teoría de las Expectativas Racionales, encuentra que hay fallas en los modelos estructurales. Según Lucas, si los agentes económicos son capaces de prever las futuras acciones de la política económica, entonces toman decisiones para neutralizar sus posibles efectos, por ello los cambios previstos no sólo modifican la trayectoria de las variables sino también el orden de causalidad. Luego el modelo (o sus ecuaciones) también son modificados y el modelo inicial estructural deja de representar al fenómeno generando un error de especificación.

En este sentido, pese a que esta metodología no es muy común dentro de las pruebas de tensión, creemos que no deja de ser importante tener presente las principales debilidades para este tipo de prueba.

- d) Modelos VaR: este método consiste en estimar las pérdidas esperadas bajo una medida estadística que cuantifica la sensibilidad de un portafolio a diferentes fuentes de riesgo. Se simulan diferentes escenarios económicos y luego se genera una distribución de probabilidad de pérdidas. De acuerdo a Sorge (2004), diversos estudios recientes han tratado de desarrollar un enfoque macroeconómico de pruebas de tensión que incorpore fundamentos macro bajo la siguiente ecuación:

$$VaR_{i,t} = F \left( E_{i,t}(X_t); P_t(X_t); PD_t(X_t); LGD_t(X_t); \Sigma_t(X_t) \right) \quad (10)$$

$$X_t = h(X_{t-1}, \dots, X_{t-p}) + \varepsilon_t \quad (11)$$

Donde:

$E_{i,t}$ : Exposición de crédito y posiciones en el mercado para cada banco  $i$  en el tiempo  $t$

$P_t$ : Vectores de precios

$PD_t$ : Probabilidades de default

$LGD_t$ : Pérdida en caso de incumplimiento

$\Sigma_t$ : Matriz de volatilidades y correlaciones

$X_t$ : Variables Macroeconómicas

$\varepsilon_t$ : Error

Si bien esta metodología es relativamente nueva en nuestro país, Sorge (2004) señala que permite integrar un análisis de mercado con medidas de riesgo, en vez que confiar en varios indicadores de vulnerabilidad. Además permite una mayor flexibilidad al modelar cada argumento de la función de pérdida a cambios en variables macroeconómicas, en vez de estimaciones lineales directas como las metodologías mencionadas anteriormente.

## V. Conclusiones

A lo largo de este trabajo hemos hecho una extensa revisión de las principales contribuciones de diversos autores a la realización de pruebas de tensión. Observamos que existen diversas metodologías de aplicación a lo largo de Chile y el Mundo, pero dada la complejidad y poca aplicabilidad de muchas de ellas, nos focalizamos en las más utilizadas por la literatura. Las denominadas pruebas de sensibilidad, si bien son fáciles de aplicar, son poco plausibles en el actual contexto económico debido a las innumerables interrelaciones entre las principales variables económicas y financieras; mientras que los análisis de escenarios son los más utilizados y destacados por diversos estudios ya que capturan de manera más realista las conexiones entre los principales fundamentos.

Llegados a este punto, es importante destacar que más allá de la metodología seleccionada por el analista se hace necesario poner énfasis en una serie de aspectos claves para su construcción y veracidad. En línea con lo anterior, Alfaro y Drehmann (2009) señalan que los modelos utilizados para las pruebas de tensión deben estar alineados con lo observado en las crisis bancarias históricas. Por ejemplo, en el 50% de las crisis analizadas en su trabajo, la evolución del crecimiento del PIB no concuerda con los supuestos estructurales de los modelos analizados, por lo cual se requiere de una mayor rigurosidad en la construcción y calibración de los modelos actuales.

Otro tema fundamental es la incorporación de más factores de riesgo como variables en los modelos tales como conexiones con otras regiones del mundo o factores sociales, políticos, culturales, entre otros. Aunque no es considerado de sobremanera en la literatura, creemos que lo anterior contribuye a modelos más realistas de la contingencia del mercado financiero

En síntesis, la construcción de pruebas de tensión requiere de modelos que capturen de la mejor forma posible las interrelaciones entre los principales fundamentos macro financieros. También es importante reconocer que el contexto y la coyuntura económica en el momento en que la prueba se aplica, da un cierto grado de discreción por parte del analista tanto en las variables a utilizar, los modelos y la construcción de

escenarios severos. Omitir este tipo de elementos puede desencadenar en pruebas de tensión que subestimen el verdadero riesgo que enfrenta el sistema financiero

Este documento no pretende ser una guía exhaustiva a seguir, sino más bien ser una base para delinear futuras investigaciones.

## VI. Bibliografía

- Alfaro, Rodrigo, Calvo, Daniel y Oda, Daniel, “Riesgo de Crédito de la Banca de Consumo”, Banco Central de Chile, 2009.
- Alfaro, Rodrigo y Drehmann, Mathias, “Macro Stress Tests and Crises: What can we Learn?”, Bank for International Settlements (BIS), 2010.
- Boss, Michael, Krenn, Gerald, Schwaiger, Markus y Wegschaider, Wolfgang, “Stress Testing the Austrian Banking System”, Oesterreichischen Nationalbank (OeNB), Austria, 2003.
- Budnevich, Carlos y Huerta, Sergio, “Ejercicios de Tensión del Capital en la Banca Chilena”, Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF), Santiago de Chile, 2006.
- Chopra, Gautam, “Stress Testing Financial Systems: A Macro Perspective”, 2009.
- Čihák, Martin, “Introducción a la aplicación de pruebas de tensión”, Fondo Monetario Internacional (FMI), 2007.
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, “Principios para la Realización y Supervisión de Pruebas de Tensión”, Bank for International Settlements (BIS), 2009.
- Drehmann, Mathias, “Stress Tests Objectives, Challenges and Modeling Choices”, Bank for International Settlements (BIS), 2008.
- Drehmann, Mathias, “Macroeconomic Stress-Testing Banks: A Survey of Methodologies.” En “Stress-testing the Banking System: Methodologies and Applications”, Mario Quagliariello, Cambridge, 2009.
- Foglia, Antonella, “Strees testing credit risk: a survey of authorities approach”, Banca D’Italia, 2008.
- Fuenzalida, Marcelo y Ruíz-Tagle, Jaime, “Riesgo Financiero de los Hogares”, Banco Central de Chile y Centro de Microdatos, Universidad de Chile, 2009.
- Hilbers, Paul y Jones, Matthew, “Stress Testing Financial Systems”, Fondo Monetario Internacional (FMI), 2004.

- Jara, Alejandro, “Provisiones Bancarias y Ciclo Económico: el Caso de Chile”, Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF), 2005.
- Kalirai, Harvir y Scheicher, Martin, “Macroeconomic Stress Testing: Preliminary Evidence for Austria”, Oesterreichischen Nationalbank (OeNB), Financial Stability Report, Austria 2002.
- Klepac, Goran, “Portfolio Sensitivity Model for Analyzing Credit Risk Caused by Structural and Macroeconomic Changes”, Raiffeisen Bank Austria, Zagreb, 2008.
- Oung, Vichett y De Bandt, Olivier, “Assessment of Stress Tests Conducted on the French Banking System”, Financial Stability Review, Banque de France, 2004.
- Quagliariello, Mario, “Banks’ Performance over the Business Cycle: A Panel Analysis on Italian Intermediaries” Department of Economics, University of York Discussion Paper, 17, 2004.
- Segoviano, Miguel y Padilla, Pablo, “Portfolio Credit Risk and Macroeconomic Shocks: Applications to Stress Testing Under Data-Restricted Environments”, IMF, 2006.
- Sorge, Marco, “Stress Testing Financial Systems: an Overview of Current Methodologies”, BIS Working Papers, 2004.
- Sorge, Marco y Virolainen, Kimmo, “A Comparative Analysis of Macro Stress-Testing Methodologies with Application to Finland”, Journal of Financial Stability, 2006.
- Wong, Jim, Choi, Ka-fai y Fong, Tom, “A Framework for Macro Stress Testing the Credit Risk of Banks in Hong Kong”, Hong Kong Monetary Authority, 2006.