

Una aproximación a las técnicas cuantitativas en las pruebas de estrés a la banca

Llorent Jurado, J. – jllorjur@upo.es

Melgar Hiraldo, M.C. – mcmelhir@upo.es

Ordaz Sanz, J.A. – jaordsan@upo.es

*Departamento de Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica
Universidad Pablo de Olavide*

RESUMEN

En los últimos años hemos asistido a un incremento sin precedentes del número de episodios de crisis financieras, tanto en economías desarrolladas como en desarrollo. La utilización de pruebas de estrés permite a los responsables de toma de decisiones tener una visión amplia del grado de resistencia del sistema financiero y de la eficacia de posibles medidas a adoptar en distintos escenarios de crisis. En este trabajo se realiza una aproximación a las principales técnicas empleadas en las pruebas de estrés, prestando especial atención a las de carácter cuantitativo, a partir de una revisión de la literatura sobre este tema, pudiendo apreciarse la gran variedad existente. El hecho de que ninguna de ellas sobresalga de manera especial, ni por su uso ni por la eficacia de sus resultados, deja abiertas las puertas a futuras investigaciones en este campo.

Palabras claves: Sistema financiero, Pruebas de estrés, Técnicas cuantitativas

Área temática: Aspectos Cuantitativos del Fenómeno Económico

ABSTRACT

During the last years we have witnessed an unprecedented increase in the number of episodes of financial crisis, both in developed and developing economies. The use of stress-testing exercises allows policy makers to gain a broader vision of the degree of resilience of the financial system, and of the effectiveness of potential arrangements as well, with regard to crisis scenarios. After having reviewed the current literature on this topic, in this paper we address a range of the main stress-testing techniques, focusing specially on quantitative techniques. None of them appears as a unique solution. For this reason, this field is open to further researches.

Keywords: Financial System, Stress-Testing, Quantitative Techniques

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Presidente del Banco Central Europeo, Jean-Claude Trichet, las pruebas de estrés y los ejercicios de simulación constituyen los principales componentes de un conjunto de herramientas fundamentales para salvaguardar la estabilidad financiera. Las pruebas de estrés¹ permiten una mejor comprensión de los posibles efectos de la materialización de una serie de riesgos identificables sobre la estabilidad del sistema financiero, mientras que los ejercicios de simulación ayudan a la toma de decisiones destinadas a hacer frente a una situación de crisis financiera (Trichet, 2007).

Una preocupación que cobra cada vez más relevancia, tanto en la literatura académica como en la elaboración de políticas económicas a nivel mundial, es la evaluación de la solidez del sector de intermediación financiera y, por ende, la medición de la vulnerabilidad de éste en un marco de *shocks* económicos adversos. Es en este contexto donde aparecen las metodologías de *stress-testing*, cuyo objetivo está relacionado con la determinación de las respuestas de la estructura económica en escenarios extremos de vulnerabilidad que puedan llegar a afectar al sistema de pagos de un país (Uribe *et al.*, 2008).

Los ejercicios de simulación de crisis pueden beneficiar a las pruebas de estrés, así como los resultados obtenidos de éstas se pueden utilizar como entrada para el diseño de un escenario de crisis para los primeros. Las pruebas de estrés pueden ser particularmente útiles para evaluar si un escenario en concreto va a generar resultados que sean lo suficientemente graves como para tener consecuencias sistémicas. La combinación de los resultados de las pruebas de tensión y de los ejercicios de simulación permite a los decisores obtener una visión más amplia y realista del grado de resistencia del sistema financiero y de la eficacia de las medidas institucionales que se podrían adoptar en escenarios de crisis (Papademos, 2007).

Las pruebas de tensión comprenden todo un conjunto de técnicas diversas, cambiante y a día de hoy aún no perfectamente delimitado, que sin embargo están siendo aplicadas cada vez por más economías mundiales. En este sentido, los Programas

¹ Estas pruebas también se conocen como pruebas de tensión o de esfuerzo.

de Evaluación del Sector Financiero (PESF) del Fondo Monetario Internacional (FMI) son probablemente los catalizadores más importantes en este ámbito de conocimiento (Hofmann, 2007).

El objetivo primordial de este trabajo consiste en presentar, a partir de una revisión de la literatura actual, las principales técnicas empleadas en las pruebas de estrés financiero, especialmente de carácter cuantitativo, de acuerdo con un enfoque macro y sistémico. Según el Banco Central Europeo (European Central Bank, 2010), las pruebas de estrés macro conforman una herramienta de extraordinaria utilidad para medir la resistencia del sistema financiero o de sus componentes clave, basada en la cuantificación de la relación entre las variables macroeconómicas y la salud de cualquiera de las instituciones financieras individuales o de todo el sector financiero de una economía en su conjunto. Y ello por dos motivos:

- A partir de las pruebas de estrés macro realizadas por los PESF del FMI a finales de 1990, el uso de éstas se ha convertido en una práctica común entre los bancos centrales e instituciones económico-financieras internacionales.
- El enfoque en la dimensión sistémica de riesgos y capacidad de recuperación y el vínculo con un escenario macroeconómico de pleno derecho distinguen, por un lado, las pruebas de estrés macro de los llamados análisis de sensibilidad, en los que solamente se simula un factor de riesgo para alcanzar niveles tensionados y, por otro, de las pruebas de tensión que se aplican a una institución financiera individual de forma aislada.

Después de este primer apartado introductorio, en el Apartado 2 nos ocupamos de ver qué se entiende por pruebas de estrés en el ámbito de los sistemas financieros, mostrando diferentes clasificaciones que de las mismas pueden encontrarse en la literatura. A continuación, en el Apartado 3, punto central de este trabajo, se ofrece una relación de las técnicas cuantitativas más representativas que pueden considerarse en la aplicación de pruebas de estrés financiero, basada en las clasificaciones hechas sobre las mismas por varios autores relevantes de la literatura. El trabajo termina con unas breves conclusiones, en el Apartado 4, y las referencias bibliográficas de los trabajos reseñados en esta investigación.

2. PRUEBAS DE ESTRÉS AL SISTEMA FINANCIERO

“Pruebas de estrés” es un término general que se refiere a diversas técnicas dirigidas a evaluar la resistencia a fenómenos extremos. También llamadas pruebas de tensión o de esfuerzo, se utilizan para determinar la estabilidad de un determinado sistema o entidad e implican la evaluación de éste más allá de la capacidad de funcionamiento normal, con el fin de observar los resultados obtenidos. En la literatura financiera, las pruebas de estrés se han referido de manera tradicional únicamente a los activos o carteras de una entidad, pero más recientemente se han aplicado también a la actividad global de los bancos a nivel individual, así como a sistemas bancarios y financieros en general (Čihák, 2007).

Las pruebas de estrés a bancos con actividad internacional han sido ampliamente utilizadas en los últimos años, según lo recomendado por el Marco de Basilea II de adecuación de capital (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2004a, 2004b).

Una prueba de estrés a todo el sistema se puede definir como una medida de la exposición al riesgo de un grupo de instituciones financieras en un escenario de estrés "excepcional, pero posible". El principal objetivo de una prueba de conjunto es ayudar a las autoridades públicas a identificar la vulnerabilidad estructural y la exposición de riesgo global de un sistema financiero, de tal forma que pudiese llevar a problemas sistémicos (Sorge y Virolainen, 2006).

El Banco de España (2010) define una prueba de tensión como el punto hasta el cual las entidades son capaces de afrontar un escenario macroeconómico muy adverso en un periodo de tiempo determinado. El escenario escogido, por su negatividad, no es una proyección o estimación de la evolución de la economía o de los resultados y de los recursos propios de las entidades, sino que se plantea una hipótesis de muy baja probabilidad, ya que el objetivo consiste en asegurar que las entidades dispongan de capital suficiente para afrontar un escenario muy desfavorable y altamente improbable. Esto garantiza que el sistema bancario sea solvente incluso en circunstancias extremas.

El motivo por el que el sistema bancario resulta un foco natural para modelizar la inestabilidad financiera viene determinado principalmente por tres razones (Summer, 2007):

- El crédito bancario es una fuente esencial de financiación para las empresas y los hogares, por lo que la trascendencia de las crisis bancarias excede el ámbito puramente del sistema financiero, ya que tienen también un gran impacto sobre los ciclos empresariales y la economía real a nivel macro.
- El sistema bancario conforma la parte más importante del sistema financiero.
- Los bancos centrales habitualmente disponen de vasta información del sistema bancario, derivado de sus tareas de supervisión del mismo.

Dada la diversidad de métodos existentes, la definición y clasificación de las pruebas de estrés constituye ciertamente un objetivo en movimiento.

Sin embargo, de forma general los diferentes métodos se pueden encuadrar en alguna de las siguientes grandes categorías que seguidamente se refieren, dependiendo del criterio utilizado para ello.

- Según el ámbito de aplicación:
 - *Pruebas de estrés micro*: diseñadas para evaluar la resistencia de las instituciones financieras de forma individual, son llevadas a cabo principalmente por éstas con el fin de gestionar el riesgo institucional a partir del análisis de sus propias variables de comportamiento, obviando generalmente las de sus competidores.
 - *Pruebas de estrés macro*: destinadas a evaluar la resistencia del sistema financiero en su conjunto y no sólo las instituciones individuales, son llevadas a cabo por los Bancos Centrales o el FMI y es estimulado por los PESF.
- Según el enfoque:
 - *Enfoque descendente*: pruebas de estrés que parten de un modelo global, macro, y van hacia las entidades financieras individuales.
 - *Enfoque ascendente*: pruebas que parten de la base de las carteras de las instituciones financieras individuales y van hacia el sistema global en su conjunto.

Por su parte, de acuerdo con la literatura de alerta temprana y de predicción de crisis bancarias (Johnson, 2005), las pruebas se podrían clasificar:

- Según sea el alcance de la crisis a analizar:
 - *Crisis bancaria individual*
 - *Crisis sistémica*

- Según la metodología empleada, pudiendo destacarse:
 - *Indicadores de “performance” bancarios cualitativos*
 - *Enfoque de extracción de señales*
 - *Modelos de estimación de variables dependientes discretas*
 - *Modelos de duración y de redes neuronales*

3. APROXIMACIÓN A LAS TÉCNICAS CUANTITATIVAS EN LAS PRUEBAS DE ESTRÉS

Al aproximarnos a estudiar las técnicas cuantitativas subyacentes en las pruebas de estrés financiero, se puede constatar cómo el espectro de éstas oscila desde un sencillo análisis de sensibilidad de un único factor hasta avanzados análisis de escenarios macroeconómicos (Hofmann, 2007). Aunque, por lo general, las pruebas de estrés o tensión involucran uno o más de los siguientes análisis:

- *Análisis de sensibilidad*: busca identificar los puntos vulnerables del sistema financiero ante cambios registrados en variables financieras individuales.
- *Análisis de escenarios*: busca identificar los puntos vulnerables del sistema ante escenarios que involucren cambios simultáneos en dos o más variables financieras.
- *Análisis de contagio*: busca diagnosticar el impacto de un *shock* que se transmite de una entidad financiera individual al resto del sistema.

Hasta el momento, la experiencia internacional ha mostrado que las pruebas de estrés resultan extremadamente útiles, ya que generan una medida cuantitativa de la vulnerabilidad del sistema financiero ante los escenarios adversos (Uribe *et al.*, 2008). Una de las principales novedades del Marco de Basilea II es que establece un nuevo enfoque para el cálculo de los requerimientos de capital regulatorio, permitiendo que las entidades utilicen metodologías internas de medición de riesgos (Vargas, 2003).

A continuación, se muestra una selección de diversas clasificaciones de técnicas cuantitativas empleadas en la definición de las pruebas de estrés financiero que pueden encontrarse a partir de una profunda revisión de la literatura actual sobre esta cuestión. En particular, se han utilizado para ello las clasificaciones realizadas por Johnson (2005) y Sorge y Virolainen (2006).

3.1. Clasificación de Johnson

Para las crisis bancarias sistémicas, Johnson (2005) clasifica las técnicas cuantitativas de las pruebas de tensión según su enfoque metodológico, entre otras, en:

3.1.1. Modelos de variable dependiente discreta

Dado que la ocurrencia de una situación de crisis puede recogerse a través de una variable discreta binaria (con valores 0 y 1, según se registre o no dicho acontecimiento), para su modelización se utiliza una regresión de elección discreta binaria, habitualmente de tipo *probit* o *logit*. El resultado de su estimación, a partir de un conjunto determinado de variables explicativas, se interpreta directamente como la probabilidad de ocurrencia de dicha situación de crisis. Esta metodología presenta entre sus ventajas que mediante ella es posible evaluar la contribución de cada variable explicativa sobre el acontecimiento considerado, así como llevar a cabo análisis de inferencia basados en las pruebas estadísticas econométricas usuales. Entre las primeras aplicaciones de esta metodología se encuentran los trabajos de Demirgüç-Kunt y Detragiache (1998a, 1998b, 2000), quienes estudian los determinantes de crisis sistémicas de la banca en países en vías de desarrollo y desarrollados usando un modelo logit binomial multivariante. Entre las variables explicativas incluyen variables macroeconómicas y variables financieras de tipo *proxy* del desarrollo institucional.

Por su parte, Hardy y Pazarbasioglu (1999) estiman un modelo logit multinomial multivariante para pronosticar un banco en crisis, utilizando datos anuales. El modelo multinomial se usa en un intento por vencer las limitaciones del probit y logit binomial en mostrar señales tempranas a la verdadera ocurrencia de un escenario de crisis; así, definen una variable discreta que toma el valor de 2 en el caso de que la crisis se registre en el año en curso, un valor de 1 si ocurre en el año anterior y de 0 si es en otro caso. También incluyen retardos de las variables explicativas. Con esta metodología, se logra mejorar el poder predictivo de los indicadores principales independientemente del año de ocurrencia de la crisis. Cuando la variable dependiente cruza el primer umbral, una alerta temprana de estrés bancario aparece. La inclusión de atrasos de las variables explicativas permite un análisis dinámico del efecto de las variables en la vulnerabilidad financiera.

Otros ejemplos de este tipo de modelos son el trabajo de Hutchinson y Mc-Dill (1999), quienes estiman un modelo probit multivariante para el estrés bancario que incluye dos conjuntos de indicadores, y el de Berg y Pattillo (1998), que estiman ecuaciones multivariantes logit para estimar la probabilidad de crisis.

3.1.2. *Estimación con datos de panel*

Para la investigación sobre las crisis bancarias también se puede realizar una estimación con datos de panel. En concreto, en estos modelos se utilizan muestras de observaciones correspondientes a N agentes (bancos) que se analizan a lo largo de T instantes del tiempo.

La estimación de modelos de datos de panel permite contrastar de forma simultánea una determinada hipótesis de comportamiento temporal, así como analizar la robustez de sus conclusiones a través de las distintas unidades muestrales (bancos) de que se dispone. Además, esta metodología permite tratar las correlaciones que en cada instante se producen entre las perturbaciones de las diferentes unidades muestrales. Ésta es una bondad que los métodos tradicionales como mínimos cuadrados o procesos de series temporales del tipo ARIMA no incorporan, lo cual permite ganar en precisión en los parámetros estimados.

Un ejemplo de trabajo basado en esta metodología es el de Ahumada y Budnevich (2002), que proponen un sistema de indicadores de alerta temprana para el sistema bancario chileno.

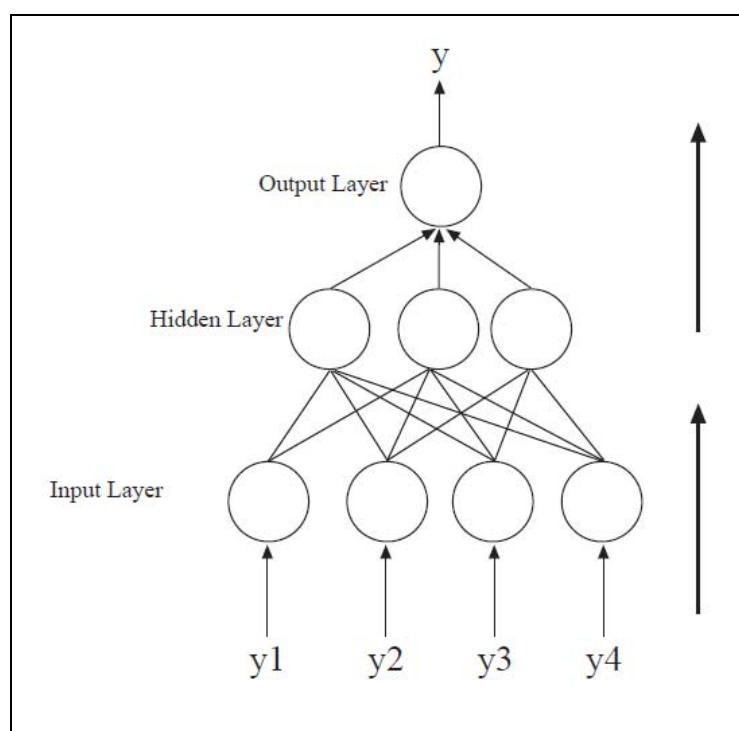
3.1.3. *Redes neuronales*

Las redes neuronales son modelos estadísticos no lineales utilizados principalmente para la realización de predicciones y no tanto para la modelización estructural². Intentan replicar algunos mecanismos de procesamiento de información que ocurren en el sistema nervioso de los organismos biológicos bajo la convicción de que, siendo producto de la selección natural, dichos mecanismos deben ser efectivos y eficientes.

² Por esta razón, en la especificación de un modelo de este tipo se tolera algún grado de multicolinealidad entre los factores explicativos considerados.

Una red neuronal artificial típica consiste en fijar varias capas superpuestas de “neuronas” que procesan y transportan cierta información desde la entrada hacia la salida (Figura 1). Todas las neuronas de la primera capa reciben una serie de datos de entrada, los ponderan por determinados coeficientes y traspasan el resultado a cada una de las neuronas de la capa siguiente (si superan un cierto valor o umbral determinado por el investigador) y así de forma sucesiva. La salida final puede hacerse a través de una sola neurona, o de manera lineal ponderando y sumando las salidas de las neuronas de la última capa, más una constante si se considera necesario³. Entre la capa de neuronas de la entrada (*input layer*) y de la salida (*output layer*) pueden existir otras capas, que se conocen como capas ocultas (*hidden layers*).

Figura 1: Arquitectura de una red neuronal



Fuente: Johnson, 2005

La realimentación, tan importante en las redes biológicas, también puede incorporarse en las redes artificiales a través de la reestimación del modelo con la llegada de nuevas observaciones, como un proceso iterativo comparando la salida con la

³ Es habitual que este último paso se traduzca en un modelo no lineal de variable dependiente discreta, como el logit o el probit, o cualquier otro tipo de función sigmoideal.

realidad observada y modificando los parámetros del modelo para ajustarse a los nuevos datos suministrados en la entrada.

En el ámbito que nos ocupa, se podría definir una red neuronal teniendo en cuenta, para la primera capa, la información (*input layer*) de variables explicativas referidas al sistema financiero y a la economía real. El resultado final (*output layer*) se podría obtener mediante, por ejemplo, una función logit que nos daría la estimación de la probabilidad de que alguna institución financiera (o bien el sistema en su conjunto, dependiendo de cuál sea nuestro objeto de estudio) presente estrés financiero.

En la literatura pueden encontrarse innumerables trabajos referidos al ámbito general de la macroeconomía que aplican las redes neuronales. Si nos centramos de manera particular en el sistema financiero, son también numerosos los trabajos que utilizan esta metodología para el análisis de diversos problemas característicos de este sector; en este sentido, resultan ya clásicos los trabajos, por ejemplo, de Zurada (1998), Witkowska (1999), Wu y Wang (2000) o Atiya (2001).

3.2. Clasificación de Sorge y Virolainen

Sorge y Virolainen (2006) entienden que las pruebas de estrés o tensión macro implican una serie de etapas, tales como:

- Definir el alcance del análisis en términos del conjunto de las instituciones pertinentes y carteras.
- Diseño y calibración de un escenario de estrés macroeconómico.
- Cuantificar el impacto directo del escenario simulado sobre la solvencia del sector financiero, ya sea la evaluación de los puntos vulnerables del balance durante las crisis macroeconómicas o integrando el análisis de múltiples factores de riesgo en una distribución de probabilidad de pérdidas agregadas.
- Interpretación de resultados para evaluar la capacidad general de asunción de riesgos del sistema financiero.
- Llevar a cabo la contabilidad para efectos de retroalimentación potencial tanto en el sistema financiero, como en la economía real.

Basándose en esto, se definen principalmente dos enfoques metodológicos para las pruebas de tensión macro:

- Los *modelos de balance*, que estudian la relación entre las medidas de vulnerabilidad contable de los bancos y el ciclo económico.
- Los *modelos de valor en riesgo*, que combinan el análisis de múltiples factores de riesgo en una distribución de probabilidad de pérdidas, a valor de mercado, a las que el sistema bancario podría enfrentar en cualquier escenario de estrés dado.

Sorge y Virolainen se centran básicamente en los primeros, los modelos de balance, donde destacan las aproximaciones que se exponen a continuación.

3.2.1. *Análisis de series temporales.*

Varios estudios han utilizado índices compuestos como indicadores para evaluar la vulnerabilidad del sistema financiero a lo largo del tiempo. Así, Kalirai y Scheicher (2002) estiman un modelo de regresión de series temporales de provisiones para pérdidas crediticias agregadas en el sistema bancario austriaco en función de una amplia gama de variables macroeconómicas, tales como el PIB, los precios, ingresos, consumo, índices bursátiles, tipos de cambio....

Hoggarth y Zicchino (2004), por su parte, estiman para el caso del Reino Unido un modelo de vectores autorregresivos (VAR). En concreto, se centran en la relación entre el préstamo de amortizaciones (tanto en conjunto, como entre los hogares y el sector empresarial) y la brecha de producción entre el PIB real y el PIB tendencial, la inflación de venta al por menor y de los precios de la vivienda, la tasa de interés nominal a corto plazo y el tipo de cambio real.

Otro ejemplo más a destacar en este epígrafe es el de Delgado y Saurina (2004), que utilizan técnicas de cointegración para estudiar tanto las propiedades de las series temporales en el corto y largo plazo de la relación entre provisiones para pérdidas crediticias o préstamos en mora y un conjunto de indicadores macroeconómicos, como el crecimiento del PIB, el desempleo y las tasas de interés.

3.2.2. *Datos de panel.*

Sorge y Virolainen también reseñan una serie de modelos estimados a través de la metodología de los datos de panel, ya sea para sistemas bancarios agregados de distintos países (Bikker y Hu, 2002; Pesola, 2001; Cavallo y Majnoni, 2002; Laeven y

Majnoni, 2003), o bien de bancos individuales de un país (Carling *et al.*, 2003; Salas y Saurina, 2002; Gerlach *et al.*, 2003; Quagliariello, 2004).

3.2.3. Modelos de ecuaciones estructurales.

Algunos estudios han considerado también, para el fin que estamos analizando en este trabajo, los modelos macroeconómicos generalmente utilizados por los bancos centrales en el proceso de toma de decisiones de la política monetaria.

Drehmann *et al.* (2004) amplían el modelo macroeconómico de medio plazo del Banco de Inglaterra para incluir las relaciones entre las tasas de amortización y las tasas de liquidación para el sector empresarial y entre las tasas de amortización y la proporción de la deuda de tarjetas de crédito en mora para el sector de los hogares.

Chirinko y Guill (1991) utilizan un modelo macroeconómico de la economía de Estados Unidos para evaluar el impacto de una serie de *shocks* exógenos (tipo de cambio, tasa de fondos federales, déficit fiscal y precios de los productos básicos), en cuyo desarrollo se recurre a un modelo inter-industrial de tipo *input-output* para acabar estimando las pérdidas en los préstamos bancarios a empresas, a nivel de cada sector industrial.

4. CONCLUSIONES

Como se ha podido comprobar a lo largo de este trabajo, el pensamiento en torno a las pruebas de estrés financiero se encuentra en un proceso de evolución continua, habiéndose visto, además, acelerado en los últimos años con motivo de la situación de crisis mundial. Por esta razón, no resulta en absoluto fácil determinar exactamente el “estado de la cuestión” en la literatura sobre este tema.

La variedad de pruebas puestas en práctica es muy amplia, y en ningún modo pueden calificarse de estándar. De hecho, muchos países han desarrollado este tipo de pruebas; por ejemplo en: Alemania (Gordy y Lütkebohmert, 2007), Austria (Boss *et al.*, 2006), Finlandia (Sorge y Virolainen, 2006), Holanda (Oyama, 2007), Inglaterra (Bunn y Redwood, 2003), Noruega (Andersen *et al.*, 2008), República Checa (Čihák, 2007) o Suiza (Hanschel y Monnin, 2003). En todos los casos los resultados difieren, dadas las

diversas pruebas aplicadas y las distintas estructuras financieras propias de cada uno de estos países.

Sin embargo, este hecho resulta ciertamente atractivo desde el punto de vista de la investigación científica, ya que supone un reto para tratar de llegar a desarrollar una metodología con un carácter más “universal”, capaz de ofrecer en última instancia resultados fiables sea cual sea el sistema financiero analizado.

Una vía para ello podría ser la que apunta Vargas (2003), que señala que el principal problema reside en que la evaluación del cumplimiento de los requisitos por parte de los supervisores de distintos países puede dar lugar a tratamientos distintos para entidades semejantes, desnivelando el terreno de juego. Por tanto, un primer paso importante sería intentar lograr la integración de los enfoques ascendente y descendente de construcción de pruebas de estrés.

El caso del sistema financiero español podría servir como punto de partida para iniciar esta tarea. Ésta es la meta que los autores de este trabajo nos planteamos para un futuro próximo. Pero los primeros obstáculos que habría que salvar serían los relativos a la definición precisa de las variables relevantes a analizar, en conjunción con el acceso a la información empírica referida a las mismas; tareas éstas que no se vislumbran en absoluto sencillas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUMADA, A. y BUDNEVICH, C. (2002). “Some Measures of Financial Fragility in the Chilean Banking System: An Early Warning Indicators Application”. En Hernández, L. y Schmidt-Hebbel, K. (eds.): *Banking, Financial Integration, and International Crisis*. Serie Banca Central, Análisis y Políticas Económicas, Banco Central de Chile, pp. 175-197.
- ANDERSEN, H.; BERGE, T.O.; BERNHARDSEN, E.; LINDQUIST, K. y VATNE, B.H. (2008). “A Suite-of-Models Approach to Stress-Testing Financial Stability”. Staff Memo, Norges Bank Financial Stability, N° 2008/2. Oslo, 03/06/2008.

- ATIYA, A. (2001). "Bankruptcy Prediction for Credit Risk Using Neural Networks: A Survey and New Results". IEEE Transactions on Neural Networks, 12 (4), pp. 929-935.
- BANCO DE ESPAÑA (2010). "Valoración de las pruebas de resistencia (*stress test*)". 23/07/2010.
- BERG, A. y PATTILLO C. (1998). "Are Currency Crises Predictable? A Test". International Monetary Fund Working Paper, No. 98/154.
- BIKKER, J.A. y HU, H. (2002). "Cyclical Patterns in Profits, Provisioning and Lending of Banks and Procyclicality of the New Basel Capital Requirements". Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review, 55, pp. 143-175.
- BOSS, M.; KRENN, G.; PUHR, C. y SUMMER, M. (2006). "Systemic Risk Monitor: A Model for Systemic Risk Analysis and Stress Testing of Banking Systems". Oesterreichische Nationalbank. Financial Stability Report, No. 11. June 2006, pp. 83-95.
- BUNN P. y REDWOO, V. (2003). "Company-Accounts-Based Modelling of Business Failures and the Implications for Financial Stability". Bank of England Working Paper, No. 210.
- CARLING, K.; JACOBSEN, T.; LINDE, J. y ROSZBACH, K. (2003). "Exploring Relationships between Swedish Firms' Balance Sheets and the Macro Economy". Unpublished Working Paper, Central Bank of Sweden.
- CAVALLO, M. y MAJNONI G. (2002). "Do Banks Provision for Bad Loans in Good Times? Empirical Evidence and Policy Implications". En Levich, R.M.; Majnoni, G. y Reinhart, C.M. (eds.): Ratings, Rating Agencies and the Global Financial System, pp. 319-342.
- CHIRINKO, R. y GUILL, G.D. (1991). "A Framework for Assessing Credit Risk in Depository Institutions: Toward Regulatory Reform". Journal of Banking and Finance, 15, 785-804.
- ČIHÁK, M. (2007). "Introduction to Applied Stress Testing", International Monetary Fund Working Paper, No. 07-59.

- COMITÉ DE SUPERVISIÓN BANCARIA DE BASILEA (2004a). “Convergencia internacional de medidas y normas de capital”. Banco de Pagos Internacionales, Press & Communications, junio.
- COMITÉ DE SUPERVISIÓN BANCARIA DE BASILEA (2004b). “Aplicación de Basilea II: aspectos prácticos”. Banco de Pagos Internacionales, Press & Communications, julio.
- DELGADO, J. y SAURINA, J. (2004). “Credit Risk and Loan Loss Provisions. An Analysis with Macroeconomic Variables”. Unpublished Working Paper, Directorate General Banking Regulation, Bank of Spain.
- DEMIRGÜÇ-KUNT, A. y DETRAGIACHE, E. (1998a). “The Determinants of Banking Crises in Developing and Developed Countries”. International Monetary Fund Staff Papers, 45 (1), pp. 81-109.
- DEMIRGÜÇ-KUNT, A. y DETRAGIACHE, E. (1998b). “Financial Liberalization and Financial Fragility”. International Monetary Fund Working Papers, 98/83.
- DEMIRGÜÇ-KUNT, A. y DETRAGIACHE, E. (2000). “Monitoring Banking Sector Fragility: A Multivariate Logit Approach”. The World Bank Economic Review, 14 (2), pp. 287-307.
- DREHMANN, M.; HOGGARTH, G.; LOGAN, A. y ZICCHINO, L. (2004). “Macro Stress Testing UK Banks”. Unpublished Working Paper, Bank of England.
- EUROPEAN CENTRAL BANK (2010). “Stress-Testing Banks in a Crisis”. Financial Stability Review, December 2010, IV special features: A, pp.117-124.
- GERLACH, S.; PENG, W. y SHU, C. (2003). “Macroeconomic Conditions and Banking Performance in Hong Kong: A Panel Study”. Unpublished Working Paper, Hong Kong Monetary Authority.
- GORDY, M.B. y LÜTKEBOHMERT, E. (2007). “Granularity Adjustment for Basel II”. Deutsche Bundesbank, Discussion Paper Series 2: Banking and Financial Studies, No. 01/2007.
- HANSCHER, E. y MONNIN, P. (2003). “Measuring and Forecasting Stress in the Banking Sector: Evidence from Switzerland”. Unpublished Working Paper, Swiss National Bank.

- HARDY, D. y PAZARBASIOGLU, C. (1999). “Determinants and Leading Indicators of Banking Crises: Further Evidence”. International Monetary Fund Staff Paper, 46 (3).
- HOFMANN, G.P. (2007). “Macro Stress Testing – Most Recent Experiences”. European Central Bank: Simulating Financial Instability, Conference on Stress Testing and Financial Crisis Simulation Exercises. Frankfurt am Main, 12-13 Julio 2007, pp. 88-91
- HOGGARTH, G. y ZICCHINO, L. (2004). “Stress Testing the UK Banking System Using a VAR Approach”. Unpublished Working Paper, Bank of England.
- HUTCHISON, M. y McDILL, K. (1999). “Are All Banking Crises Alike? The Japanese Experience in International Comparison”. NBER Working Paper, No. 7253.
- JOHNSON, C.A. (2005). “Modelos de alerta temprana para pronosticar crisis bancarias: desde la extracción de señales a las redes neuronales”. Revista de Análisis Económico, 20 (1), pp. 95-121.
- KALIRAI, H. y SCHEICHER, M. (2002). “Macroeconomic Stress Testing: Preliminary Evidence for Austria”. Austrian National Bank Financial Stability Report No. 3.
- LAEVEN, L. y MAJNONI, G. (2003). “Loan Loss Provisioning and Economic Slowdowns: Too Much, Too Late?”. Journal of Financial Intermediation, 12, pp. 178-197.
- OYAMA, T. (2007). “Plausibility of Stress Scenarios”. 2nd Expert Forum on Advanced Techniques on Stress Testing: Applications for Supervisors. International Monetary Fund and De Nederlandsche Bank, 23-24 Octubre 2007.
- PAPADEMOS, L. (2007). “Simulating and Dealing with Financial Instability: Challenges for Central Banks”. European Central Bank: Simulating Financial Instability, Conference on Stress Testing and Financial Crisis Simulation Exercises. Frankfurt am Main, 12-13 Julio 2007, pp. 24-32.
- PESOLA, J. (2001). “The Role of Macroeconomic Shocks in Banking Crises”. Unpublished Working Paper, Bank of Finland.

- QUAGLIARIELLO, M. (2004). "Banks' Performance over the Business Cycle: Evidence from Italy". Unpublished Working Paper, Bank of England Forum on Stress Tests, Mayo 2004.
- SALAS, V. y SAURINA, J. (2002). "Credit Risk in Two Institutional Regimes: Spanish Commercial and Savings Banks". *Journal of Financial Services Research*, 22 (3), pp. 203-224.
- SORGE, M. y VIROLAINEN, K. (2006). "A Comparative Analysis of Macro Stress-Testing Methodologies with Application to Finland". *Journal of Financial Stability*, 2 (2006), pp. 113–151.
- SUMMER, M. (2007). "Modeling Instability of Banking Systems and the Problem of Macro Stress Testing". European Central Bank: Simulating Financial Instability, Conference on Stress Testing and Financial Crisis Simulation Exercises. Frankfurt am Main, 12-13 Julio 2007, pp. 102-118.
- TRICHET, J.C. (2007). "Welcoming Remarks". European Central Bank: Simulating Financial Instability, Conference on Stress Testing and Financial Crisis Simulation Exercises. Frankfurt am Main, 12-13 Julio 2007, pp.16-18
- URIBE, J.M.; MORALES, M.A. y PIÑEROS, J.H. (2008). "Análisis de estrés sobre el sistema bancario colombiano: un escenario conjunto de riesgos". Reporte de Estabilidad Financiera, Banco de la República, Colombia, septiembre 2008.
- VARGAS, F. (2003). "El marco general de la validación de procedimientos internos en Basilea II: el enfoque IRB". Banco de España, Estabilidad Financiera, 4, pp. 45-70.
- WITKOWSKA, D. (1999). "Applying Artificial Neural Networks to Bank-Decision Simulations". *International Advances in Economic Research*, 5 (3), pp. 350-68.
- WU, C. y WANG, X. (2000). "A Neural Network Approach for Analyzing Small Business Lending Decisions". *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 15 (3), pp. 259-76.
- ZURADA, J. (1998). "Neural Networks Versus Logit Regression Models for Predicting Financial Distress Response Variables". *Journal of Applied Business Research*, 15 (1), pp. 21-29.