



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ECONOMÍA

**Macro stress test: una aplicación para México,
2007-2012.**

**ENSAYO QUE PARA RECIBIR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN ECONOMÍA MONETARIA Y FINANCIERA**

PRESENTA:

YADIRA MARIBEL CENOVIO RAMÍREZ



Tutor:

Dr. Manuel Sánchez Valadez

Octubre 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

La conclusión del presente ensayo no hubiese sido posible sin las personas que en sus diferentes roles han contribuido a mi formación tanto personal como profesional:

- A mi padre Refugio Cenovio y mi hermana Erika Cenovio, por su cariño y apoyo incondicional.
- A mi tutor, Dr. Manuel Sánchez Valadez, por sus invaluable comentarios y comprensión durante el proceso de elaboración.
- A mis amigos. Violeta Navarro, por su ayuda incondicional. Marco Romero, por las observaciones realizadas al presente trabajo. Tania García, Alberto Gaytan y Alberto Niño por su apoyo durante la especialización.
- A Proveedor Integral de Precios, empresa en la que laboro, por permitirme concluir esta etapa de preparación profesional.

¡A TODOS MUCHAS GRACIAS!

*MARIBEL CENOVIO
OCTUBRE 2012*

MACRO STRESS TEST: UNA APLICACIÓN PARA MÉXICO,

2007-2012

| | |
|----------------------------------------------------------------|------------------|
| <u>1. INTRODUCCIÓN.....</u> | <u>4</u> |
| <u>2. MARCO TEÓRICO</u> | <u>5</u> |
| 2.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA | 7 |
| 2.2 METODOLOGÍA DE LOS MACRO STRESS TEST | 9 |
| 2.3 ENFOQUES DE ESTUDIO | 13 |
| 2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE VECTORES AUTORREGRESIVOS | 15 |
| <u>3. APLICACIÓN PARA MÉXICO, 2007-2012.....</u> | <u>19</u> |
| 3.1 ELECCIÓN DE LAS VARIABLES..... | 20 |
| 3.2 ESTIMACIÓN DEL MODELO VAR | 23 |
| 3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS | 26 |
| 3.3.1 FUNCIONES DE IMPULSO-RESPUESTA | 29 |
| 3.3.2 PRONÓSTICO..... | 33 |
| <u>4. CONCLUSIONES.....</u> | <u>35</u> |
| <u>BIBLIOGRAFÍA.....</u> | <u>36</u> |

1. INTRODUCCIÓN

Si bien las pruebas de estrés no son un tema reciente en tanto que brindan la posibilidad de medir los impactos y la detección temprana de crisis financieras, la inestabilidad financiera originada en 2008 ha dado lugar al imperativo de desarrollar herramientas más eficientes que guíen y prevean las medidas que tomaran los *policymakers*, reguladores así como directivos de instituciones financieras durante periodos de alta volatilidad.

El derrumbe de Bear Stearns; la absorción de Fannie Mae y Freddie Mac por parte del Gobierno Federal estadounidense; la caída de Lehman Brothers y la venta de Merrill Lynch, son solo los casos más representativos a nivel internacional de instituciones financieras que hicieron evidente que los riesgos asumidos por un número reducido de bancos comerciales y de inversión pueden debilitar al sistema financiero mismo e incluso generar estragos económicos tanto locales como globales. Así, mientras a nivel microeconómico existen múltiples instrumentos para realizar pruebas de estrés a nivel macroeconómico son escasos, no obstante que distinguir señales potenciales de riesgos severos presentes en el sistema financiero es trascendental para los bancos centrales y autoridades reguladoras en la resolución de crisis.

Los macro stress test destacan como modelos de riesgos que analizan la dinámica entre las variables reales y financieras, acorde con el Fondo Monetario Internacional (FMI) se refieren a la variedad de técnicas utilizadas para evaluar la vulnerabilidad de las instituciones financieras ante un posible choque macroeconómico. Los diversos trabajos al respecto se pueden agrupar en dos enfoques metodológicos tal como sugiere Sorge (2004), segmentado e integrado. El enfoque segmentado tiene como principal distintivo el empleo de modelos de series de tiempo, los cuales tienen la virtud examinar la dinámica entre las series de tiempo económicas y financieras.

El objetivo del presente ensayo es elaborar con datos del sistema bancario mexicano (2007-2012) un macro stress test aplicando un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR). En la primera sección se presenta el marco metodológico general, tanto de los macro stress test y sus enfoques de análisis así como el marco teórico de los modelos VAR.

En el segundo apartado se exponen los resultados de la estimación de dos modelos VAR, uno que corresponde al sistema bancario mexicano en su conjunto y uno más con base en la información de las siete instituciones de mayor importancia sistémica. Finalmente, se presenta una sección de análisis de resultados, de los que resaltan las funciones de impulso-respuesta así como el pronóstico de cada una de las variables que integran el modelo.

1. MARCO TEÓRICO

Con el fin de monitorear la inestabilidad inherente a los mercados financieros así como a sus instituciones, coexisten diversas herramientas que permiten medir la exposición al riesgo de éstos, la mayoría de carácter microprudencial. Empero, la reciente crisis financiera de 2008 ha hecho evidente la importancia de analizar al conjunto de instituciones que tienen un mayor impacto sistémico dando lugar a indicadores y medidas macroprudenciales.

Acorde con el documento titulado *Macroprudential policy tools and frameworks* (2011), elaborado por el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Banco Internacional de Pagos (BIS, por sus siglas en inglés) y el Financial Stability Board (FSB), una política macroprudencial se caracteriza por tres elementos:

- a) El objetivo: mitigar el riesgo sistémico, comprendido éste, como el riesgo de perturbaciones generalizadas para el suministro de servicios financieros que generan consecuencias negativas para la economía en general.

- b) Campo de aplicación: interés específico por el sistema financiero en su conjunto y su interrelación con la economía y sus sectores.
- c) Relación entre instrumentos y gobierno: uso de herramientas prudenciales calibradas para ubicar las fuentes de riesgo sistémico.

Dada la importancia de la mitigación del riesgo sistémico para la economía existen diversos indicadores y modelos para ello, entre los principales destacan:

- **Indicadores agregados de desequilibrios**, usan datos macroeconómicos o las hojas de balance de las instituciones financieras para identificar posibles incrementos de riesgos en el sistema financiero o en la economía.
- **Indicadores de las condiciones del mercado**, enfocados al desenvolvimiento de los mercados financieros que pueden conducir a escenarios de estrés generalizados.
- **Métricas de concentración de riesgo dentro del mercado**, relacionadas con el corte transversal sobre la dimensión de riesgos sistémicos y orientados sobre los canales de contagio.
- **Sistemas de monitoreo integrado**, proporcionan una imagen más coherente de las condiciones de todo el sistema financiero, adaptándose a las circunstancias locales.
- **Macro stress test**. Tanto las autoridades nacionales como instituciones internacionales están mejorando las herramientas para pruebas de estrés del sistema financiero visto como un todo.

No cabe duda que las pruebas de estrés son uno de los instrumentos más utilizados para la mitigación de riesgos financieros, comúnmente se utilizan para probar la estabilidad de un sistema, una entidad o bien un portafolio de activos financieros simulando escenarios adversos y cuyos resultados pueden ser funestos¹. Sin embargo, se encuentran limitadas al análisis de variables financieras dejando de lado su relación con las variables reales,

¹ Las pruebas de estrés, también conocidas como de valores extremos, consisten en crear escenarios que permitan pronosticar las pérdidas durante un periodo de inestabilidad financiera. Existen diversas metodologías para realizar éste tipo de pruebas, las más utilizadas son Stress Testing y Backtesting.

además una de sus principales críticas se refiere al supuesto teórico bajo el cual descansa, tener una distribución de probabilidad que se comporta como una normal pues en la práctica la mayoría de las series de tiempo financieras se caracterizan por ser leptocúrticas.

Por ello, el ejercicio se ha extendido a usar dichas técnicas para probar la estabilidad de un grupo de entidades financieras que en su conjunto pueden tener un impacto en la economía como un todo (macro stress test) [...]. Si bien el objetivo principal de un macro stress es evaluar la estabilidad de un grupo de instituciones financieras, vale la pena distinguir dos objetivos más específicos. El primero de ellos es identificar vulnerabilidades en periodos estables y sentar las bases para hacer frente a ellos, es decir, para actuar como un dispositivo de alerta temprana. El segundo se refiere a apoyar la gestión y la resolución de las crisis (Borio et al, 2012).

1.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Alrededor de 1999 el FMI figura como precursor en el desarrollo de macro stress test como parte de sus Programas de Evaluación de Estabilidad Financiera (FSAP, por sus siglas en inglés). Actualmente, tanto organismos internacionales como bancos centrales se interesan con mayor frecuencia en aplicar este tipo de metodologías por su capacidad para evaluar el impacto de eventos potencialmente adversos en el sistema financiero en su conjunto.

Un primer acercamiento se localiza en Blaschke et al (2001) quienes examinan las pruebas de estrés tanto a nivel institucional como de carteras. Destaca un apartado en el que describe un stress test agregado el cual se define, de acuerdo con el Comité sobre el Sistema Financiero Global, como una medida de exposición al riesgo de un grupo de instituciones para un escenario de estrés específico y cuyo fin es ayudar a los reguladores a identificar vulnerabilidades estructurales y exposiciones globales al riesgo del sistema financiero que podría conducir a la inestabilidad financiera.

Los efectos de retroalimentación macroeconómicos se encuentran en el trabajo de Jacobsen et al (2005) quienes aplican un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) para el sistema bancario de Suecia, el cual incluye como principal variable la frecuencia promedio de las empresas de caer en default. Bajo el mismo enfoque de modelación Hogghart et al (2005) realizan un macro stress test para el sistema bancario del Reino Unido, relacionando el riesgo de crédito a través de la tasa de amortización de préstamos con las variables macroeconómicas. A nivel global, el texto de Pesaran et al (2006) presentan un VAR que conjuga factores de riesgo macroeconómicos tanto nacionales como internacionales. Más tarde, Elsinger et al (2006) aplican un modelo al sector bancario de Austria que incorpora el riesgo de mercado y el riesgo de crédito

Las investigaciones más recientes están relacionadas con el riesgo de liquidez, muestra de ello es el trabajo realizado por Barnhill y Schumacher (2011) quienes evalúan la relación entre la solvencia y el riesgo de liquidez sobre la base de los acontecimientos ocurridos durante la reciente crisis. (Borio et al, 2012).

En México, en lo que a pruebas de estrés se refiere, las principales aportaciones se encuentran en el informe anual del Consejo de Estabilidad Financiera (2012) cuya conclusión es que el sistema bancario en su conjunto presenta una sólida perspectiva de capitalización. En el mismo informe, se menciona que el sistema financiero mexicano ha estado sujeto en dos ocasiones al Programa de Evaluación del Sistema Financiero del FMI, en la última ocasión, septiembre-octubre 2011, el reporte destacó la solidez de las políticas macroeconómicas, la adecuada supervisión y respecto al sistema bancario, determinó que las pruebas de estrés realizadas sugieren que está preparado para resistir impactos severos.

1.2 METODOLOGÍA DE MACRO STRESS TEST

De acuerdo con el estudio realizado por Marco Sorge en 2004, con respaldo del BIS, titulado “*Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies*”, como primer paso para realizar un macro stress test y evaluar la vulnerabilidad del sistema financiero se recomienda simular escenarios de crisis potenciales (que pueden usar o no datos históricos).

El marco general del pronóstico macroeconómico está dado por:

$$E(\tilde{X}_{t+1}) = g_1 \{X^t, Z^t\} \quad (1)$$

De la expresión $E(\tilde{X}_{t+1})$ es importante señalar que la tilde denota el valor futuro desconocido de una variable aleatoria, así la clave para la predicción consiste en estimar una función g_1 que asigna una historia de realizaciones pasadas a las variables macroeconómicas del vector X y otros factores relevantes incluidos en el vector Z . Ahora bien, los posibles resultados para la estabilidad financiera ante un escenario de estrés macroeconómico pueden representarse como sigue:

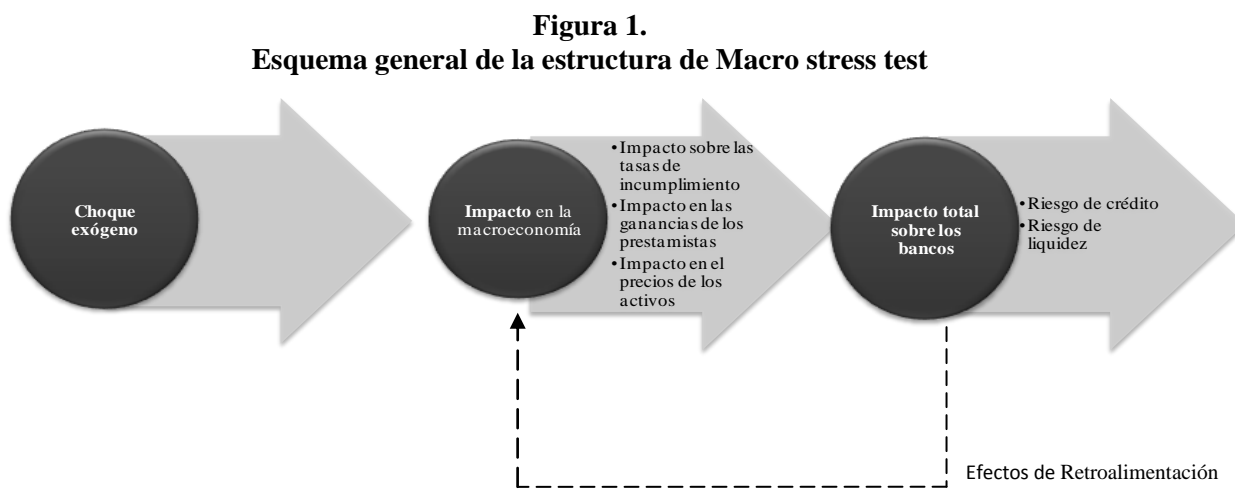
$$\Omega(\tilde{Y}_{t+1} / \tilde{X}_{t+1} \geq \bar{X}) = f\{X^t, Z^t\} \quad (2)$$

Donde:

- $\Omega(\tilde{Y}_{t+1} / \tilde{X}_{t+1} \geq \bar{X})$ Señala las realizaciones futuras de una medida global de pérdida para el sistema financiero ante un escenario de estrés macroeconómico. Mientras que Ω indica la medida de riesgo utilizada para comparar la vulnerabilidad del sistema a través de las diferentes carteras y escenarios.
- $f\{X^t, Z^t\}$ Representa la función de pérdida de un conjunto inicial de choques macroeconómicos simulados sobre la cartera total del sector financiero.

En la misma tónica, Borio et al (2012) esquematiza el planteamiento de un macro stress test (véase Figura 1) comenzando por plantear un escenario que al presentarse un choque exógeno que impacta a las variables macroeconómicas afecta directamente a los bancos, sin embargo, dado que los modelos macro no incluyen variables significativas tales como las tasas de impago, ganancias de los prestamistas o los precios de los activos para medir la exposición al riesgo de los bancos es necesario incorporar modelos complementarios como los modelos de riesgo de crédito y de liquidez. La última etapa consiste en estimar las pérdidas para el sistema bajo el escenario de estrés.

Asimismo, aunque el análisis frecuentemente se detiene aquí. Las pruebas de tensión más sofisticadas también tratan de evaluar el tamaño de los efectos de retroalimentación potenciales (líneas punteadas figura 1). Por ahora las herramientas para el tratamiento de riesgo de crédito en el mercado interbancario están razonablemente bien desarrolladas, aunque es mecánico. Por el contrario, el modelo de liquidez y retroalimentación macro está en una fase más preliminar (Borio et al, 2012).



Fuente: Esquema con base en Borio, et al (2012)

De acuerdo con Sorge (2004) la elaboración de un macro stress se compone por un cierto número de etapas que incluyen:

- 1) **Acotar el alcance del análisis** en términos de la elección del conjunto de instituciones y, según sea el caso, carteras que se incluirán en el estudio. La trascendencia del primer paso consiste en seleccionar adecuadamente las instituciones financieras relevantes (debido a la pluralidad existente en el sistema). Es recomendable contemplar no solo a las instituciones bancarias sino también a otras entidades, tales como los inversionistas institucionales, sin embargo la estimación del modelo tiende a complejizarse².

Por otro lado, sí el estudio se realiza en función de carteras de activos financieros, frecuentemente se opta por construir carteras hipotéticas dada la poca disponibilidad de datos. Es importante señalar que en caso de disponer de datos reales, el análisis suele limitarse a los bancos de mayor importancia sistémica por el mayor acceso a estados de resultados y balances financieros.

- 2) **Elaboración del diseño y calibración de un escenario de estrés macroeconómico.** En esta fase se determina en primer lugar el tipo de riesgo que se desea medir, ya sea de crédito, mercado, liquidez, etc., lo cual determinará a su vez las variables financieras a analizar. Asimismo, se seleccionan las variables reales de la economía relevantes como pueden ser PIB, inflación, tasa de interés, tipo de cambio, contemplando solo aquellas que a nivel macroeconómico resulten significativas.
- 3) **Cuantificación del impacto del escenario simulado sobre el sistema financiero.**

La magnitud del impacto de los choques macroeconómicos sobre el sistema

² Se le conoce como inversionistas institucionales al conjunto de entidades integradas por compañías de seguros, fondos de pensiones y sociedades de inversión.

financiero puede ser medido a través de diversos indicadores, tales como los Indicadores de Solidez Financiera (ISF) sometidos a estrés³.

La respuesta de los ISF ante cambios adversos en las variables macro se puede estimar a partir de datos históricos, posteriormente se usan para simular el impacto sobre el sistema financiero. Si bien es cierto, todos los indicadores contribuyen con información relevante para el análisis de estabilidad financiera, ninguna de ellos proporciona por sí mismo una evaluación exhaustiva de las diversas fuentes de riesgo a las que el sector financiero está expuesto.

- 4) **Integración de riesgo de mercado y de crédito.** Si bien las pruebas de estrés se han centrado en el análisis de riesgo de crédito (mostrado a través de las hojas de balance de los bancos), con el fin de evaluar de manera más completa la vulnerabilidad del sistema financiero existe un interés creciente por buscar un modelo que en su conjunto represente las múltiples fuentes de riesgos financieros, por lo que de acuerdo a los objetivos particulares del trabajo se incorporan las variables correspondientes al tipo de riesgo a analizar.
- 5) **Interpretación de los resultados.** Dos enfoques son los más usados: *bottom-up* y *top-down*. El primero de ellos calcula las distribuciones potenciales de pérdida de los bancos condicionado a un escenario de estrés y luego lo informa al banco central para su incorporación. El enfoque *top-down*, puede ser realizado ya sea a través del balance de las entidades individuales por separado o directamente sobre una cartera representativa de todo el sistema bancario.
- 6) **Efectos de retroalimentación.** Los vínculos existentes entre los bancos conlleva un mayor efecto dómimo ante algún desequilibrio financiero individual, lo cual

³ De acuerdo a la guía de compilación de Indicadores de Solidez Financiera (2006) del Fondo Monetario Internacional (FMI), los ISF miden las condiciones vigentes de salud y solidez de las instituciones financieras de un país, así como las de sus homologas en el sector empresarial y de los hogares. Existen 12 indicadores básicos y 14 recomendados. Se clasifican en tres grupos, ISF con base en capital, con base en los activos y con base en ingresos y gastos.

incrementa el riesgo sistémico conforme al volumen y concentración de mercado de cada entidad y por tanto varía de acuerdo al país de referencia.

1.3 ENFOQUES DE ESTUDIO

Es importante destacar que a pesar de que no existe una metodología exclusiva para realizar un macro stress test, Sorge (2004) agrupa los diversos trabajos sobre el tema en dos esquemas (véase Tabla 1). Por un lado, un enfoque segmentado, apoyado en modelos de predicción de Indicadores de Solidez Financiera individual mediante el uso de series de tiempo o modelos estructurales o de forma reducida, y por otro lado un enfoque integral, los cuales se centran en modelos de riesgo macro econométrico basados en el trabajo de Wilson (1997 a y b) y Merton (1974)

Considerando las expresiones (1) y (2) el primer enfoque se representa matemáticamente de la siguiente forma:

$$E (\tilde{Y}_{t+1} / \tilde{X}_{t+1} \geq \bar{X}) = f\{X^t, Z^t\} \quad (3)$$

En el que para cada portafolio i y tiempo t , Y representa una medida de pérdida estimada como una función lineal de las realizaciones pasadas de un vector X que contiene variables macroeconómicas como el PIB, inflación, tasas de interés, entre otras. En tanto que Z , es un vector que incluye variables específicas relacionadas con los bancos, como la capitalización.

A su vez, aquellos modelos que siguen este enfoque se pueden clasificarse en dos:

- a. Modelos que usan técnicas de series de tiempo o datos panel.

- b. Modelos que analizan la vulnerabilidad del sistema financiero ante cambios en las variables macro utilizando modelos estructurales que consideran la economía total.

El enfoque integrado parte de un modelo de medición de riesgo con carácter microeconómico ampliamente conocido, Valor en Riesgo (VaR), y lo replantea bajo una visión macro, esto es, agrega al modelo las variables macroeconómicas fundamentales representándolo de la siguiente manera⁴:

$$VaR_{i,t}(\tilde{Y}_{t+1}/\tilde{X}_{t+1} \geq \bar{X}) = f\{E_{i,t}(X_t); P_t(X_t); PD_t(X_t); LGD_t(X_t); \Sigma_t(X_t)\} \quad (4)$$

Se asume una cartera para el sistema bancario global identificado por un vector E que representa las exposiciones al riesgo de crédito y las posiciones en el mercado; un vector de precios P ; PD indica las probabilidades de incumplir; LGD , la severidad de pérdida en caso de incumplimiento y Σ es una matriz de volatilidades y correlaciones. Cada una de las variables anteriores está en función de un vector X de variables macroeconómicas, que a su vez supone cambian con el tiempo a raíz de un proceso estocástico autorregresivo.

Sin embargo, los modelos VaR no consideran periodos de crisis, como el que se presentó en 2008, debido a su supuesto base en el que la distribución de probabilidad asociada es la normal, lo cual lo hace intrínsecamente susceptible a mediciones poco confiables acerca de la exposición al riesgo tanto de activos como de portafolios y por ende, instituciones durante lapsos de alta volatilidad. Asimismo, es importante contemplar se trata de una medida de riesgo únicamente de corto plazo, siendo eficiente para horizontes de tiempo de un día, una semana o un mes.

⁴ El modelo VaR resume la pérdida máxima esperada (o peor pérdida) sobre un horizonte de tiempo objetivo dentro de intervalo de confianza (Jorion, 2010). El caso generalizado para un portafolio de dos o más activos es:

$$VaR_p = F\sigma_p S\sqrt{t}$$

Donde F se refiere a la distribución de Fisher dado un nivel de confianza; σ_p representa la volatilidad del portafolio; S el monto invertido y t es el horizonte de tiempo objetivo.

Tabla 1.
Clasificación de las metodologías actuales de macro stress test

| | ENFOQUE SEGMENTADO | ENFOQUE INTEGRADO |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Modelos de pronóstico sobre los factores de riesgo dados indicadores de solidez financiera. | Combina el análisis de múltiples factores de riesgo dada una distribución de pérdida de un portafolio particular. |
| Principales opciones de modelación | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Series de tiempo o datos panel ◦ Modelos de forma reducida estructurales | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Modelo de riesgo macroeconómico tipo Wilson (1997 a y b) ◦ Modelo de riesgo micro estructural tipo Merton (1974) |
| Pros | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Intuitivo y con bajo peso computacional ◦ Amplia caracterización del escenario de estrés | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Integran el análisis de riesgo de mercado y de crédito. ◦ Simula cambios en la distribución de pérdida total ante un impacto de choques macroeconómicos sobre los componentes de riesgo individuales. |
| Contras | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Se han utilizado formas funcionales lineales ◦ Parámetros de inestabilidad en horizontes más largos ◦ No considera efectos de retroalimentación. | <ul style="list-style-type: none"> ◦ La mayoría de los modelos se centran en el riesgo de crédito, con un horizonte de corto plazo. ◦ Los estudios disponibles no se ocupan de los efectos de retroalimentación. |

Fuente: Tomado de Borio et al (2012)

2.3.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE VECTORES AUTORREGRESIVOS (VAR)

Los modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) han demostrado ser óptimos para describir el comportamiento dinámico de las series de tiempo tanto económicas como financieras. Como bien se sabe, en 1980 Christopher Sims propuso que si existe simultaneidad entre las variables de un modelo todas deben ser tratadas de la misma forma, sin diferenciar entre variables exógenas y endógenas como se realiza en la mayoría de los modelos econométricos, bajo dicho marco de estudio propone los modelos VAR en el que “el término autorregresivo se refiere a la aparición del valor rezagado de la variable

dependiente en el lado derecho, y el termino vector, se atribuye a que tratamos con un vector de dos (o más) variables”(Gujarati y Porter, 2009).

Los modelos VAR se caracterizan por su capacidad de pronóstico, así como por la existencia de más de una variable dependiente. “Puede ser considerado una especie de híbrido entre los modelos de las series de tiempo univariados [...] y los modelos de ecuaciones simultaneas [...]. (Brooks, 2008). Considerando un VAR de únicamente dos variables y_1 y y_2 , en el que cada valor actual depende de diferentes combinaciones de los valores previos k y del término de error u_t , se obtiene la siguiente expresión para describir el modelo:

$$y_{1t} = \beta_{10} + \beta_{11} y_{1t-1} + \dots + \beta_{1k} y_{1t-k} + \alpha_{11} y_{2t-1} + \dots + \alpha_{1k} y_{2t-k} + u_{1t} \quad (5)$$

$$y_{2t} = \beta_{20} + \beta_{21} y_{2t-1} + \dots + \beta_{2k} y_{2t-k} + \alpha_{21} y_{1t-1} + \dots + \alpha_{2k} y_{1t-k} + u_{2t} \quad (6)$$

Donde u_{it} es un término de perturbación de ruido blanco con $E(u_{it})=0$, ($i=1,2$), $E(u_{1t} u_{2t})=0$. Las expresiones (3) y (4) se pueden presentar de manera más compacta como sigue:

$$y_{1t} = \beta_{11} y_{1t-1} + \alpha_{11} y_{2t-1} + u_{1t} \quad (5.1)$$

$$y_{2t} = \beta_{21} y_{2t-1} + \alpha_{21} y_{1t-1} + u_{2t} \quad (6.1)$$

Los modelos VAR tienen diferentes ventajas comparados con otros modelos, como los de series de tiempo univariados o estructurales de ecuaciones simultáneas, entre las que se encuentran:

- No es necesario especificar cuáles variables son endógenas o exógenas, debido a que se consideran todas como endógenas.

- Permiten que el valor de una variable dependa de algo más que sus propios rezagos o combinaciones de términos de ruido blanco, por lo que son modelos más flexibles.
- Los pronósticos generados se consideran mejores que los modelos de estructura tradicional porque se generan a través de los valores rezagados de las variables de observación.

Sin embargo, también presentan limitaciones como las que se listan a continuación:

- Son a-teóricos, ocupan poca información teórica acerca de las relaciones de las variables, por ello son menos susceptibles al análisis teórico, así como a las recomendaciones de política económica. Asimismo, existe la posibilidad de obtener una estimación espuria debida la fuente de los datos.
- Un problema inherente a este tipo de modelos es la elección correcta del número de rezagos óptimos
- Dado que todas las variables deben ser estacionarias, es posible que la diferenciación para inducir la estacionariedad sea excesiva arrojando información de cualquier relación a largo plazo aún cuando no sea relevante.

Asimismo, resultado de las propiedades dinámicas de un VAR éstas son a menudo analizadas mediante diversos tipos de análisis estructural, los principales son:

- 1) **Pruebas de causalidad de Granger.** Considerando las ecuaciones 5.1 y 6.1, si y_1 causa y_2 , los rezagos de y_1 deben ser significativos en la ecuación de y_2 , por tanto y_1 causa en sentido de Granger a y_2 . Por otro lado, si y_2 causa y_1 , los rezagos de y_2 deben ser significativos en la ecuación para y_1 .

Si y_1 causa en sentido de Granger a y_2 , pero no a la inversa, se diría que y_1 es fuertemente exógena. Mientras que si ninguno de los conjuntos de retardos son estadísticamente significativos en la ecuación para la otra variable, entonces y_1 y y_2 son independientes. Por último, el concepto de causalidad en el sentido de Granger solo significa la existencia de una correlación entre el valor actual de una variable y los valores pasados de las demás, lo cual no

significa que los movimientos de una causan los movimientos de la otra variable.

- 2) **Funciones de impulso-respuesta.** Representan la respuesta de las variables dependientes a los choques de cada variable incluida en el VAR, es decir, muestra la reacción o bien respuesta de las variables explicadas ante cambios en los errores. Un choque en una variable en el período i afectará directamente a la propia variable y se transmitirá al resto de variables explicadas a través de la estructura dinámica que representa el modelo.

- 3) **Descomposición de la varianza del error de pronóstico.** Indica la proporción de los movimientos en las variables dependientes se deben a sus propios choques frente a los choques de las otras variables. De tal forma que un choque en la variable i -ésima afectará a la variable en curso pero también se transmitirá a todas las variables que se encuentren dentro del sistema de ecuaciones del VAR.

En la práctica, hasta cierto punto, las funciones impulso-respuesta y la descomposición de la varianza proporcionan información muy similar (Brooks, 2008). Mientras que la función impulso-respuesta muestra el efecto de un choque en una de las variables endógenas sobre las demás variables del modelo VAR, la descomposición de la varianza proporciona información acerca de la importancia relativa de cada choque de las variables en el modelo VAR.

2. APLICACIÓN PARA MÉXICO, 2007-2012

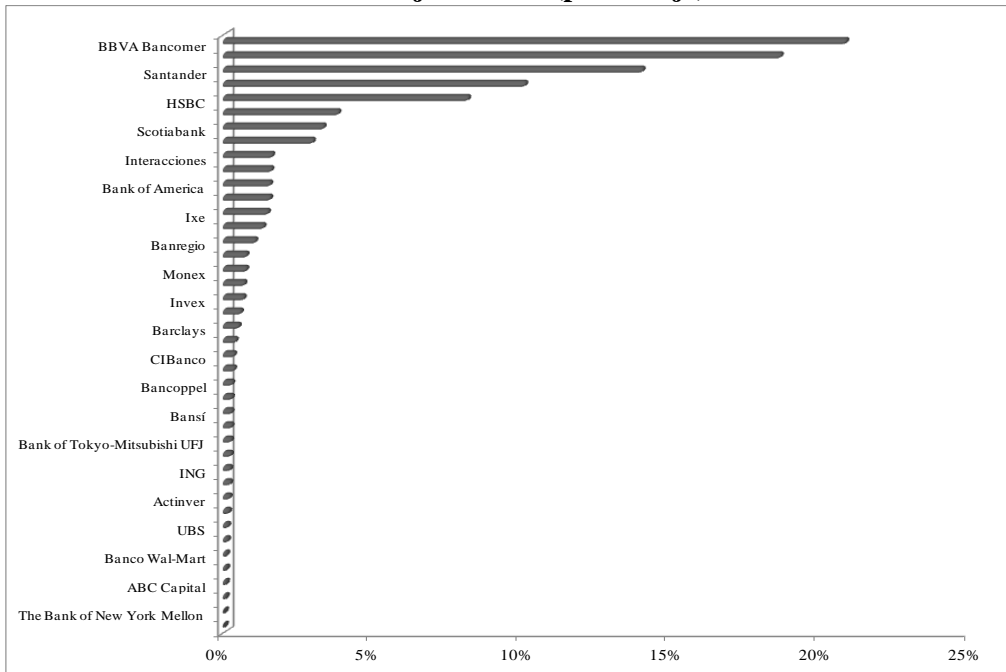
Con el fin de detectar así como prever las vulnerabilidades del sistema bancario mexicano se realizará un macro stress test para el periodo que comprende 2007 a 2012, aplicando un modelo VAR. Adicionalmente, considerando que la banca mexicana se caracteriza por ser oligopólica, se elaborará el mismo ejercicio para las 7 instituciones bancarias que concentran la mayor cantidad de activos financieros en relación al total del sistema, de acuerdo con la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) de las 42 instituciones bancarias existentes en junio de 2012, el denominado G-7, está integrado por Banamex, Banorte, BBVA Bancomer, HSBC, Inbursa, Santander y Scotiabank (véase gráfico 1).

Es importante señalar que la finalidad de elaborar dos modelos, es detectar el riesgo sistémico que implica la alta concentración de activos financieros por parte de un grupo restringido de instituciones, es decir, sí se considera que 16.67 por ciento de las instituciones bancarias concentra 78.79 por ciento de los activos totales del sistema y más aún, que tan solo dos, BBVA Bancomer y Banamex, poseen 39.49 por ciento, se puede inferir empíricamente que el riesgo al que está expuesto el sistema bancario y la economía en general dependen en buena medida de dos instituciones y no del sistema bancario en su conjunto.

Asimismo, es importante señalar, de acuerdo con Borio et al (2012), que cuando el objetivo del modelo es cubrir vulnerabilidades durante lapsos de estabilidad existen dos enfoques para plantear el escenario de análisis. El primero de ellos depende directamente de datos históricos, mientras que el segundo se construye a partir de escenarios hipotéticos cuyo fin es no depender en exceso del pasado. El modelo en este trabajo se elaboró con base en el primer enfoque, tomando en cuenta que el periodo de estudio 2007 a 2012 no solo incluye un periodo de inestabilidad sino también la transición hacia una paulatina recuperación,

además utiliza información mensual lo que permitirá analizar el comportamiento detallado de las variables y ofrecer un pronóstico.

Gráfico 1. Proporción de activos por institución bancaria, junio 2012 (porcentaje)



Fuente: elaboración propia con datos del boletín estadístico de banca múltiple, junio de 2012, CNBV

3.1 ELECCIÓN DE LAS VARIABLES

El primer paso para estimar el VAR consistió en definir las variables de estudio, mismas que se describen a continuación.

- El Índice Global de Actividad Económica (IGAE) es un indicador que muestra la tendencia de corto plazo de la actividad económica en México y está construido con base en el esquema conceptual y metodológico del Producto Interno Bruto (PIB) elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI),(véase gráfico 2.1)
- Inflación, refleja la dinámica en el nivel de precios de la economía cuya fuente es Banco de México (véase gráfico 2.3).

- Tasa de interés nominal, se optó por la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a 28 días (TIIE 28), por ser la tasa a la cual las instituciones de depósito se prestan y por tanto, refleja el riesgo de crédito entre estas, con datos de Banco de México (véase gráfico 2.3).
- Cartera vencida, es la variable que muestra el riesgo de crédito del sistema bancario mexicano, representando el incumplimiento de pago de los participantes y cuya información se extrajo del balance general del sistema bancario mexicano publicado por la CNBV (véase gráfico 2.2)..

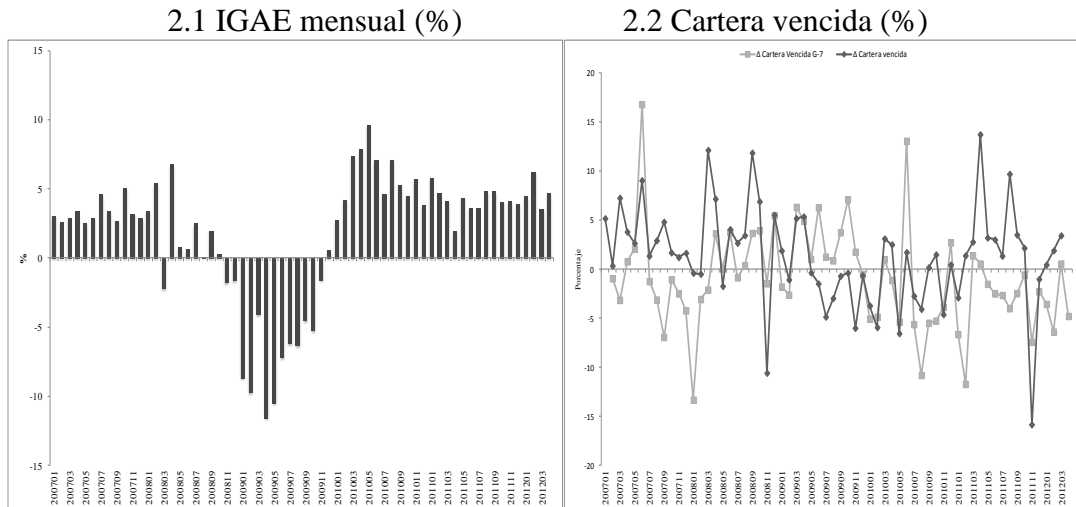
Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los estudios centran su análisis en el riesgo de crédito, no obstante, la crisis de 2008 expuso una debilidad importante de los mercados financieros globales, la liquidez, por lo que en este trabajo se incorpora una variable considerando dicho factor.

- Índice de liquidez. Según la metodología de los ISF, un índice de liquidez se calcula comparando dos series subyacentes (activos y pasivos de corto plazo), para generar un coeficiente el cual debe emplear datos de la misma periodicidad tanto para el numerador como para el denominador (véase gráfico 2.4).

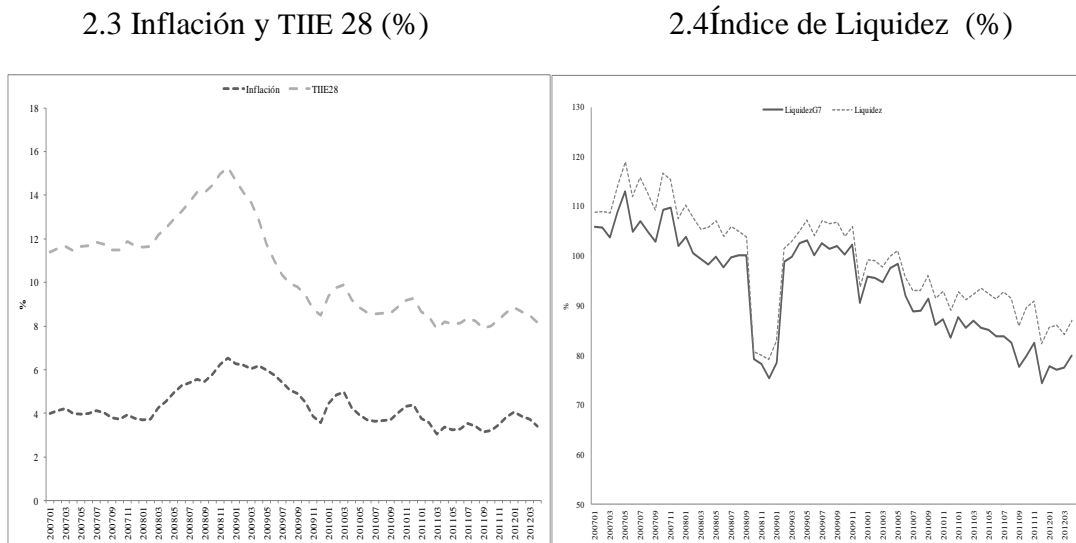
El índice de liquidez propuesto se construyó con base en la información del balance general del sistema bancario mexicano de la CNBV, del cual se relacionó las disponibilidades e inversiones en valores por el lado de los activos, mientras que por el lado de los pasivos, el rubro de captación tradicional, ambos de corto plazo como se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{índice de liquidez} = \frac{\text{Disponibilidades e inversiones en valores cp}}{\text{Captación tradicional cp}}$$

Gráfico 2. Macro stress test: variables de estudio
Enero 2007-abril 2012



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y del balance general de la banca múltiple mayo de 2012 publicado por la CNBV, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México y del balance general de la banca múltiple mayo de 2012 publicado por la CNBV, respectivamente.

3.2 ESTIMACIÓN DEL MODELO VAR

Para la estimación del modelo se utilizó el software Econometrics Views (E-views). El primer paso para estimar cualquier modelo de series de tiempo consiste en verificar que las variables cumplan con el concepto de estacionariedad⁵, para ello las series se trabajaron en logaritmos excepto el IGAE⁶, posteriormente se realizaron las pruebas de raíces unitarias para cada serie bajo tres enfoques Dickey Fuller aumentada (ADF, por sus siglas en inglés), Phillip-Pheron (PP) y Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) (véase Cuadro 2).

Cuadro 2. Pruebas de raíces unitarias

| | | ADF | | | PP | | | KPSS | |
|------------------------------------------------|---------------|------------|------------------------|---------|------------|------------------------|---------|------------|------------------------|
| | | Intercepto | Tendencia e intercepto | Ninguno | Intercepto | Tendencia e intercepto | Ninguno | Intercepto | Tendencia e intercepto |
| IGAE (1as diferencias) | p-value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.937 | 0.749 |
| | t-estadístico | -12.440 | -12.364 | -12.542 | -11.921 | -11.873 | -12.010 | 0.089 | 0.066 |
| | Valor crítico | -3.540 | -4.113 | -2.603 | -3.540 | -4.113 | -2.603 | 0.739 | 0.216 |
| Log TIEE 28 (2as diferencias) | p-value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.937 | 0.861 |
| | t-estadístico | -7.231 | -7.170 | -7.292 | -7.213 | -7.149 | -7.277 | 0.064 | 0.057 |
| | Valor crítico | -3.542 | -4.116 | -2.603 | -3.542 | -4.116 | -2.603 | 0.739 | 0.216 |
| Log Inflación (1as diferencias) | p-value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.789 | 0.216 |
| | t-estadístico | -5.517 | -5.522 | -5.555 | -5.306 | -5.303 | -5.349 | 0.165 | 0.080 |
| | Valor crítico | -3.540 | -4.113 | -2.603 | -3.540 | -4.113 | -2.603 | 0.739 | 0.216 |
| Log Liquidez (1as diferencias) | p value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.605 | 0.910 |
| | t-estadístico | -8.350 | -8.280 | -8.281 | -8.410 | -8.334 | -8.427 | 0.060 | 0.059 |
| | Valor crítico | -3.540 | -4.113 | -4.110 | -3.540 | -4.113 | -2.603 | 0.739 | 0.216 |
| Log Cartera vencida (1as diferencias) | p-value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.057 | 0.062 |
| | t-estadístico | -6.669 | -6.899 | -6.433 | -6.840 | -6.971 | -6.712 | 0.305 | 0.116 |
| | Valor crítico | -3.540 | -4.113 | -2.603 | -3.540 | -4.113 | -2.603 | 0.305 | 0.216 |
| Log liquidez G7 (1as diferencias) | p-value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.625 | 0.930 |
| | t-estadístico | -8.522 | -8.450 | -8.529 | -8.649 | -8.570 | -8.628 | 0.080 | 0.079 |
| | Valor crítico | -3.540 | -4.113 | -2.603 | -3.540 | -4.113 | -2.603 | 0.759 | 0.236 |
| Log Cartera vencida G7(1as diferencias) | p-value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.062 | 0.067 |
| | t-estadístico | -6.669 | -6.899 | -6.433 | -6.840 | -6.971 | -6.712 | 0.310 | 0.121 |
| | Valor crítico | -3.540 | -4.113 | -2.603 | -3.540 | -4.113 | -2.603 | 0.310 | 0.221 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la estimación en E-views.

⁵ Una serie de tiempo es estacionaria si su media y varianza no varían sistemáticamente con el tiempo (Gujarati y Porter, 2010), en otras palabras, tienen varianza constante y media cero.

⁶ Dado que son diferencias, el Índice de Global de Actividad Económica muestra a lo largo del periodo de estudio resultados negativos por lo que no es posible tratar la serie en logaritmos.

Para determinar si una serie de tiempo es estacionaria bajo los enfoques, ADF y PP, se observa que el valor de t-estadístico (valor estimado) y se establecen las pruebas de hipótesis, donde la hipótesis nula (H_0) indica que existe raíz unitaria, mientras que la hipótesis alternativa (H_a) existe estacionariedad. El criterio de decisión está en basado en los valores absolutos tanto del valor crítico (vc) como del valor estimado (ve), tal que si $|ve| > |vc|$ determina H_a , en tanto que $|ve| < |vc|$ se acepta H_0 . En el caso de KPSS, las pruebas de hipótesis y el criterio de decisión se establecen en sentido inverso, por tanto, H_0 indica estacionariedad mientras que H_a , raíz unitaria. Por último, se verifica que el *p-value* para ADF y Phillips-Pheron sea menor a 0.05 y para KPSS mayor a 0.05, considerando un nivel de confianza de 95 por ciento. Por tanto el resultado del ejercicio anterior es que todas las series son estacionarias.

El número de rezagos óptimos se determinó con base en los resultados del Cuadros 3. De acuerdo con los criterios selección de rezagos *Likelihood Ratio* (LR) y Akaike (AIC) el número de rezagos óptimo es 6 rezagos⁷. Si bien la elección del número de rezagos se realiza de manera empírica, es relevante pues la inclusión de muchos rezagos absorbería grados de libertad, por otro lado, si el número fuese reducido puede provocar errores de especificación lo cual puede contrastarse al realizar la prueba de raíces unitarias inversa (véase Gráfico 2.1 y 2.2) la cual muestra que sólo con 6 rezagos el modelo está bien especificado y es estable en tanto que todas las raíces son menores a uno y se encuentran dentro del círculo unitario⁸.

⁷Dado que la teoría económica no provee una guía para una apropiada elección de rezagos del modelo, se han utilizado algunos criterios adicionales que desde un punto de vista estadístico son aceptables. Un criterio bien conocido es el criterio AIC el cual asintóticamente sobreestima el orden de rezagos con resultados positivos. Donde $\hat{\sigma}^2$ es la varianza estimada de ϵ_t Está dado por

$$AIC = \log \hat{\sigma}^2 + 2 \frac{p+q}{T}$$

Mientras que la prueba LR muestra la bondad de ajuste entre dos modelos.

⁸ Un diagnóstico confiable acerca de la correcta especificación del VAR lo muestra la prueba de raíces inversas. Si las raíces unitarias inversas no fuesen menores a uno existe una alta probabilidad que algunos resultados tales como los que corresponden a las funciones impulso-respuesta no sean validos

Cuadro 3. Criterios de selección de rezagos

VAR Sistema total: Criterios de selección de rezagos

Variables endógenas: DIGAE DLCVENCIDA DLINFLACION DLLIQ DLTHIE28

Variables exógenas: C

Muestra: 2007M01 2012M04

Observaciones incluidas: 56

| Lag | LogL | LR | FPE | AIC | SC | HQ |
|-----|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0 | 244.6270 | NA | 1.32e-10* | -8.5581 | -8.377272* | -8.487998* |
| 1 | 264.7838 | 35.9942 | 0.0000 | -8.3851 | -7.3001 | -7.9645 |
| 2 | 277.2447 | 20.0265 | 0.0000 | -7.9373 | -5.9481 | -7.1661 |
| 3 | 299.0112 | 31.0949 | 0.0000 | -7.8218 | -4.9285 | -6.7001 |
| 4 | 319.6754 | 25.8303 | 0.0000 | -7.6670 | -3.8694 | -6.1947 |
| 5 | 354.0418 | 36.8211 | 0.0000 | -8.0015 | -3.2998 | -6.1787 |
| 6 | 413.7162 | 53.28069* | 0.0000 | -9.239863* | -3.6340 | -7.0665 |

*índice la selección de orden de rezagos por criterio

LR: Estadístico de prueba LR (cada 5% de nivel de confianza)

FPE: Error de predicción final

AIC: Criterio de información Akaike

SC: Criterio de información Schwarz

HQ:Criterio de información Hannan-Quinn

VAR G-7: Criterios de selección de rezagos

Variables endógenas: DLCVENCIDA7 DIGAE DLINFLACION DLTHIE28 DLG7

Variables exógenas: C

Muestra: 2007M01 2012M04

Observaciones incluidas: 56

| Lag | LogL | LR | FPE | AIC | SC | HQ |
|-----|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0 | 245.8850 | NA | 0.0000 | -8.6030 | -8.422202* | -8.532928* |
| 1 | 266.3509 | 36.5461 | 0.0000 | -8.4411 | -7.3561 | -8.0204 |
| 2 | 278.8675 | 20.1161 | 0.0000 | -7.9953 | -6.0061 | -7.2241 |
| 3 | 299.7643 | 29.8525 | 0.0000 | -7.8487 | -4.9554 | -6.7270 |
| 4 | 321.5997 | 27.2942 | 0.0000 | -7.7357 | -3.9382 | -6.2634 |
| 5 | 359.3405 | 40.4366 | 0.0000 | -8.1907 | -3.4890 | -6.3679 |
| 6 | 427.2006 | 60.58941* | 8.31e-11* | -9.721452* | -4.1156 | -7.5481 |

*índice la selección de orden de rezagos por criterio

LR: Estadístico de prueba LR (cada 5% de nivel de confianza)

FPE: Error de predicción final

AIC: Criterio de información Akaike

SC: Criterio de información Schwarz

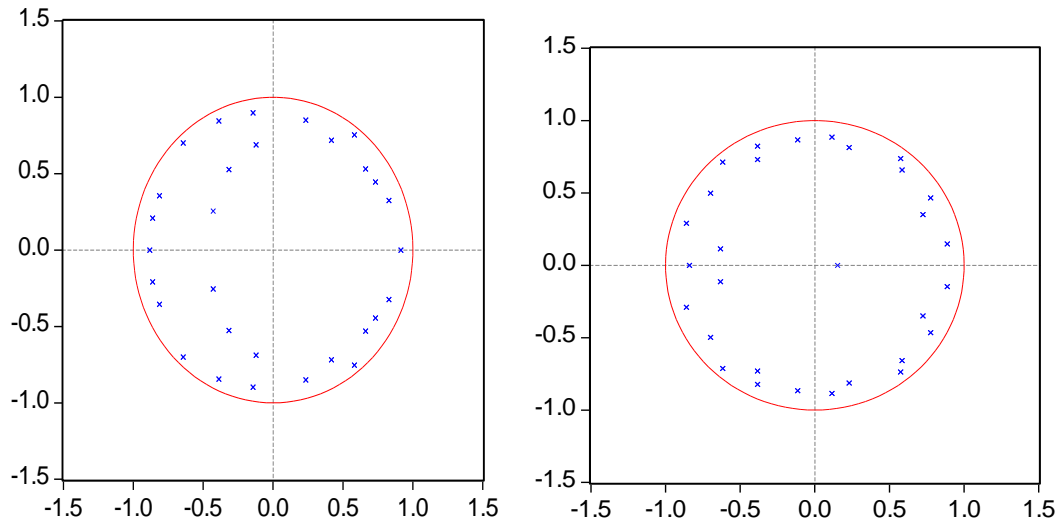
HQ:Criterio de información Hannan-Quinn

Fuente: elaboración propia con datos de la estimación en E-views.

Gráfico 3. Pruebas de raíces unitarias inversas

3.1 Sistema Total

3.2 G-7



Fuente: Elaboración propia con datos de la estimación en E-views.

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Ambos modelos se estimaron considerando todas las variables como endógenas (IGAE, inflación, tasa de interés, liquidez y cartera vencida) y como variable exógena se incluyó una constante la cual representa una perturbación de igual magnitud para todas. El Cuadro 5 muestra los resultados obtenidos de la estimación del modelo en E-views, cada fila corresponde a una de las ecuaciones que lo integran en la que cada variable se explica por los valores rezagados de sí misma y por los rezagos de las otras variables

Si bien es cierto, los coeficientes obtenidos de ambos modelos son similares, existen diferencias notables al comparar las ecuaciones para cada variable, tales como: i) en la ecuación del IGAE y su relación con la cartera vencida, el impacto es mayor de un periodo a otro para el modelo del G-7; ii) en lo que concierne a la ecuación de la cartera vencida, la principal

diferencia entre los dos modelos se presenta en los coeficientes de TIE28, mostrando una relación negativa en un mayor número de periodos para G7; iii) en lo que corresponde a la inflación sobresale su relación negativa con la cartera vencida en el modelo para el G-7.

Asimismo, destacan los parámetros derivados de la ecuación de liquidez, la cartera vencida tiene mayor ponderación en los coeficientes del modelo para el G-7 que para el sistema total, lo mismo sucede en el caso de la inflación y la TIE 28. Por tanto, la exposición al riesgo de liquidez es mayor para el grupo de las 7 instituciones bancarias con mayor concentración de activos.

Cuadro 4. Resultados de la estimación: R²

| | IGAE | Cartera vencida | Inflación | Liquidez | TIE 28 |
|---------------|-------------|----------------------------|------------------|-----------------|---------------|
| Modelo | | | | | |
| Sistema Total | 0.819337 | 0.410692 | 0.503283 | 0.700732 | 0.827113 |
| Modelo G-7 | 0.856591 | 0.571326 | 0.488758 | 0.729201 | 0.801905 |

Fuente: elaboración propia con datos de la estimación en E-views.

Por otro lado, la R² de cada variable dentro de los modelo indica que las variables de estudio explican en mayor proporción al comportamiento del modelo G-7 que del sistema total (véase cuadro 4). En general los modelos VAR tienen muchos parámetros y pueden ser difíciles de interpretar debido a la compleja interacción y retroalimentación entre las variables incluidas. La interacción entre éstas se puede apreciar más claramente mediante las funciones impulso-respuesta que se presentan en el siguiente apartado.

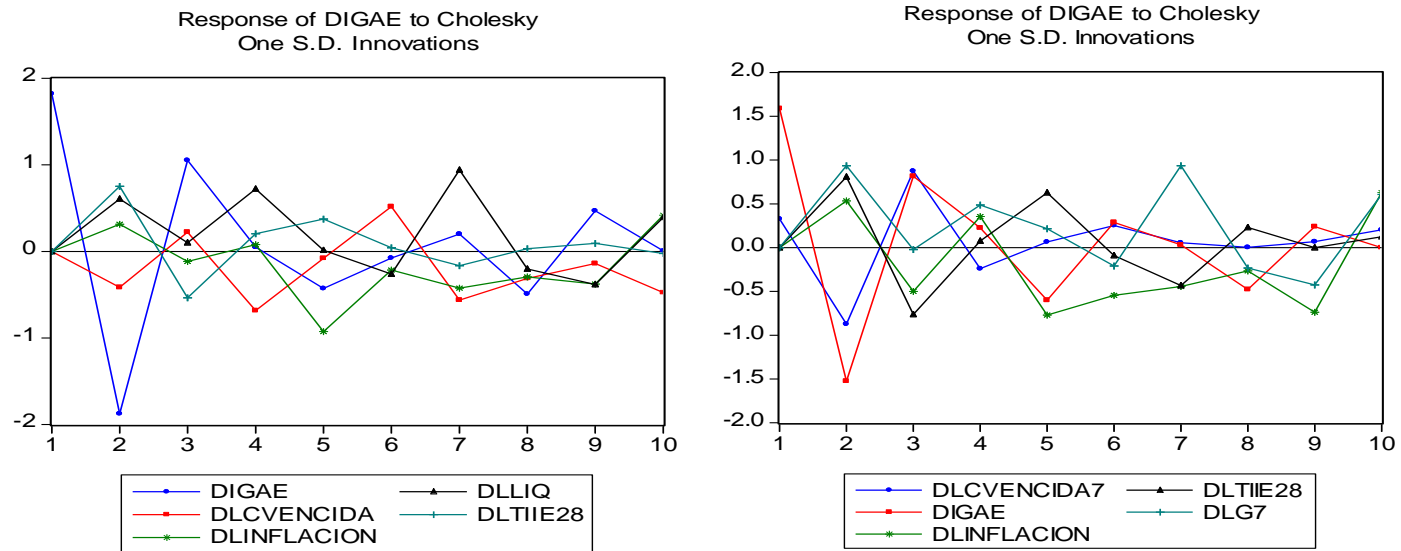
Tabla. 4
Resultados de la estimación de los modelos

| COEFICIENTES DE LA ESTIMACIÓN VAR SISTEMA BANCARIO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | C | DIGAE | | | | | | DLCVENCIDA | | | | | | DLINFLACION | | | | | | DLLIQ | | | | | | DLTHE28 | | | | | |
| | | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 |
| DIGAE= | 0.360 | -0.933 | -0.205 | 0.448 | 0.297 | -0.015 | -0.146 | 0.591 | -2.024 | -9.191 | 3.649 | 6.245 | 1.168 | 1.357 | 3.236 | 6.430 | -6.414 | -7.835 | -3.155 | 16.354 | 15.130 | 25.244 | 13.278 | -0.005 | 14.379 | 70.378 | -3.674 | 0.885 | 22.159 | 56.627 | 42.316 |
| DLCVENCIDA= | 0.005 | -0.005 | -0.005 | 0.000 | 0.003 | -0.002 | 0.000 | 0.206 | -0.080 | -0.012 | -0.030 | 0.076 | 0.307 | 0.084 | -0.074 | 0.173 | 0.044 | -0.104 | 0.044 | -0.156 | 0.365 | 0.118 | 0.069 | 0.007 | 0.132 | -0.069 | 0.297 | 0.052 | -0.195 | 0.269 | 0.551 |
| DLINFLACION= | -0.020 | 0.011 | 0.008 | -0.003 | -0.010 | -0.006 | 0.006 | 0.233 | 0.129 | 0.057 | 0.209 | 0.009 | 0.083 | 0.247 | -0.090 | -0.463 | -0.016 | 0.010 | -0.038 | -0.471 | -0.337 | -0.153 | -0.488 | -0.356 | -0.114 | -0.112 | -0.928 | -0.596 | 0.041 | -0.120 | -0.441 |
| DLIQ= | -0.010 | -0.011 | -0.006 | 0.003 | 0.006 | -0.001 | -0.012 | -0.186 | -0.020 | -0.065 | 0.177 | -0.176 | 0.096 | -0.260 | -0.147 | 0.078 | -0.004 | -0.399 | 0.009 | -0.142 | -0.020 | -0.078 | -0.294 | -0.294 | -0.349 | 0.576 | 0.111 | -0.614 | -1.271 | -0.035 | 0.663 |
| DLTHE28= | 0.003 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.062 | 0.017 | -0.087 | 0.059 | -0.029 | -0.081 | 0.028 | -0.002 | 0.020 | 0.023 | -0.004 | 0.000 | 0.049 | -0.005 | 0.066 | 0.022 | 0.069 | 0.277 | 0.141 | -0.257 | -0.009 | 0.068 | -0.045 | -0.137 |
| COEFICIENTES DE LA ESTIMACIÓN VAR DEL G-7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | C | DIGAE | | | | | | DLCVENCIDA7 | | | | | | DLINFLACION | | | | | | DLG7 | | | | | | DLTHE28 | | | | | |
| | | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 | t-1 | t-2 | t-3 | t-4 | t-5 | t-6 |
| DLCVENCIDA7= | -0.007 | 0.004 | 0.004 | 0.002 | -0.003 | -0.003 | -0.005 | 0.329 | -0.144 | 0.252 | -0.128 | 0.217 | 0.101 | 0.083 | -0.069 | 0.113 | -0.107 | 0.298 | -0.080 | 0.243 | -0.126 | -0.049 | -0.053 | 0.114 | -0.212 | 0.206 | -0.644 | 0.750 | -0.459 | 0.322 | -0.772 |
| DIGAE= | 0.533 | -0.921 | -0.155 | 0.454 | 0.258 | -0.049 | -0.168 | -11.144 | 8.322 | 1.853 | -5.130 | 1.846 | 3.810 | 1.629 | 3.758 | 7.279 | -6.059 | -8.607 | -0.153 | 22.762 | 20.257 | 24.130 | 10.481 | 1.245 | 18.719 | 80.588 | -11.00 | 4.804 | 34.158 | 58.884 | 37.790 |
| DLINFLACION= | -0.016 | 0.013 | 0.007 | -0.006 | -0.012 | -0.006 | 0.005 | -0.117 | -0.035 | -0.093 | 0.193 | -0.047 | -0.165 | 0.254 | 0.004 | -0.470 | 0.008 | 0.119 | 0.011 | -0.531 | -0.453 | -0.132 | -0.384 | -0.406 | -0.048 | -0.304 | -1.085 | -0.495 | 0.200 | -0.354 | -0.541 |
| DLTHE28= | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | -0.001 | -0.017 | -0.023 | 0.065 | -0.133 | 0.075 | -0.066 | -0.005 | 0.003 | 0.021 | -0.028 | 0.020 | -0.011 | 0.090 | -0.065 | 0.081 | 0.029 | 0.066 | 0.236 | 0.207 | -0.459 | 0.098 | 0.009 | 0.003 | -0.204 |
| DLG7= | -0.011 | -0.012 | -0.006 | 0.002 | 0.010 | 0.001 | -0.011 | 0.290 | -0.057 | 0.368 | -0.122 | 0.174 | -0.317 | -0.214 | -0.160 | 0.098 | -0.100 | -0.340 | -0.161 | -0.152 | -0.037 | -0.101 | -0.433 | -0.335 | -0.429 | 0.407 | 0.051 | -0.248 | -1.780 | -0.079 | 0.454 |

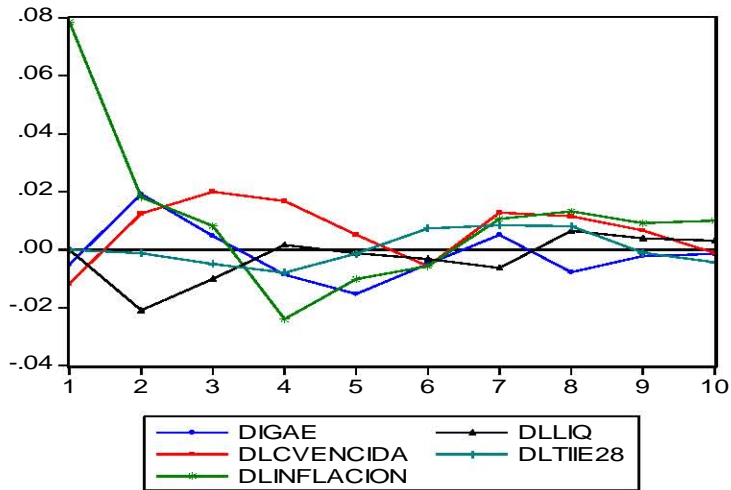
Fuente: elaboración propia con datos de la estimación en E-views.

3.3.1. FUNCIONES DE IMPULSO-RESPUESTA

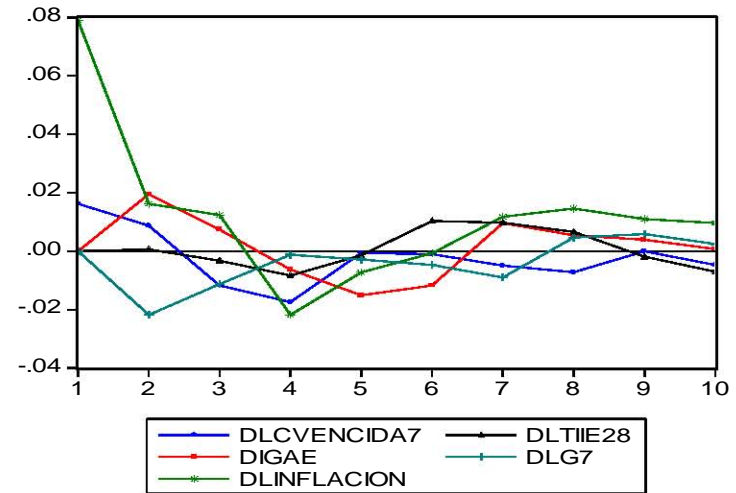
Gráfico 4.
Gráficos combinados de las funciones de impulso respuesta



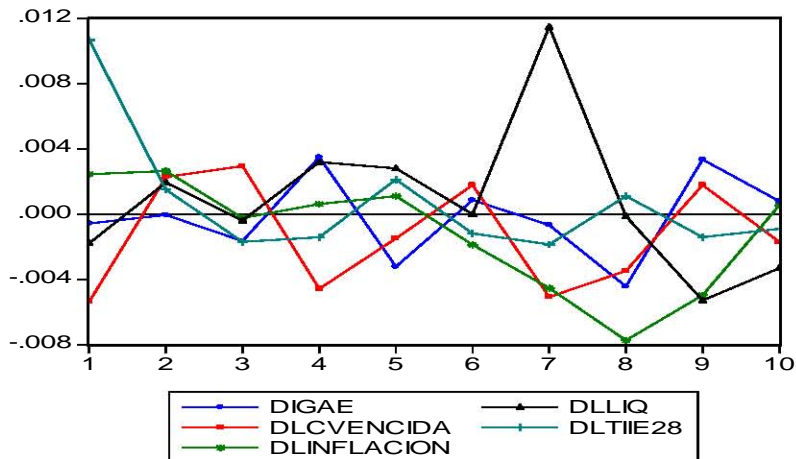
Response of DLINFLACION to Cholesky
One S.D. Innovations



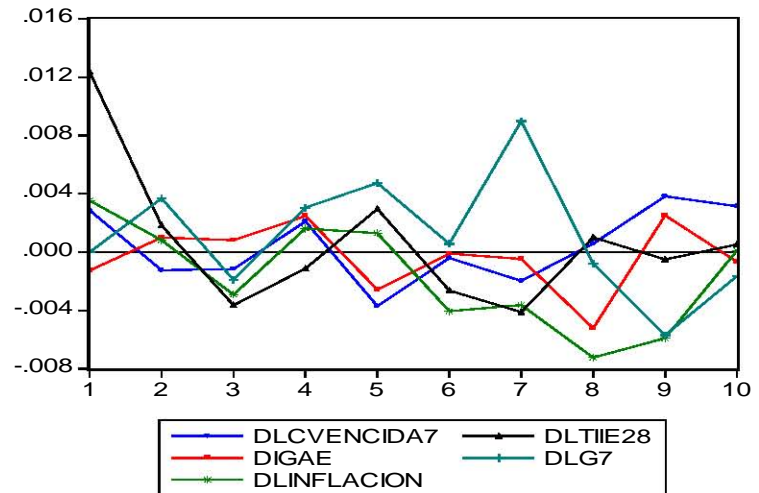
Response of DLINFLACION to Cholesky
One S.D. Innovations



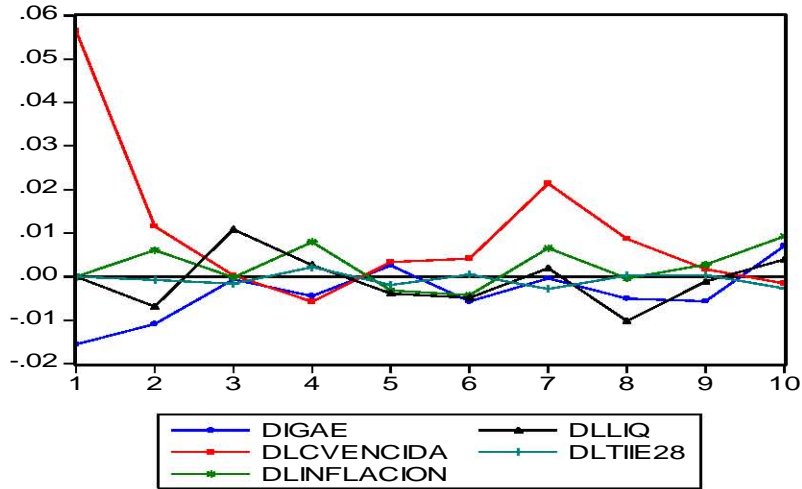
Response of DLTIE28 to Cholesky
One S.D. Innovations



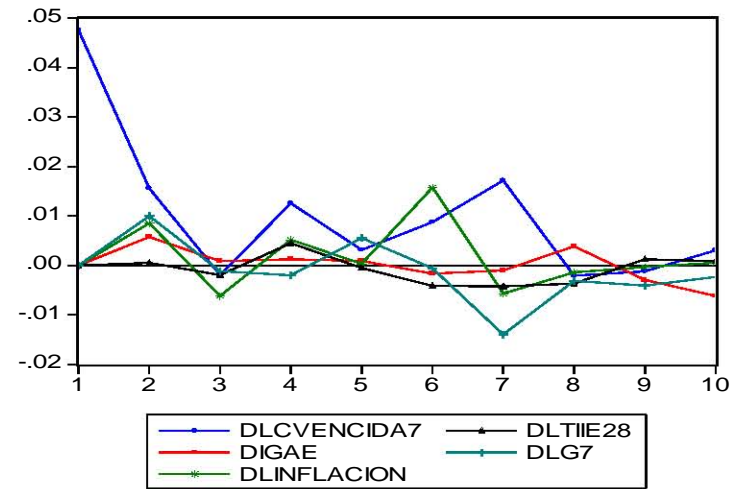
Response of DLTIE28 to Cholesky
One S.D. Innovations



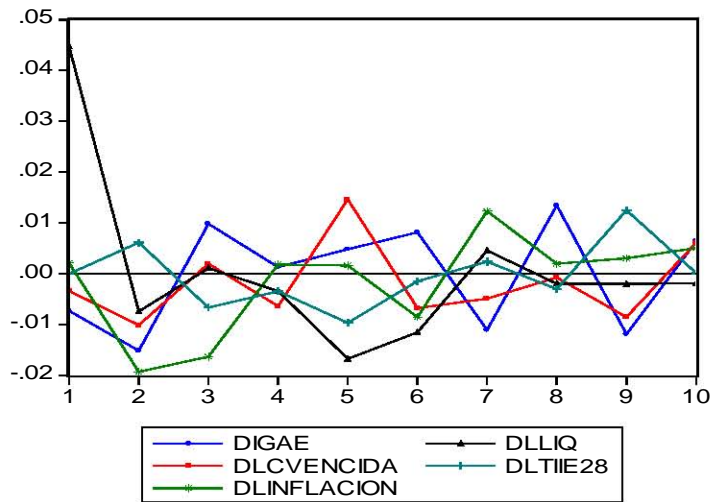
Response of DLCVENCIDA to Cholesky
One S.D. Innovations



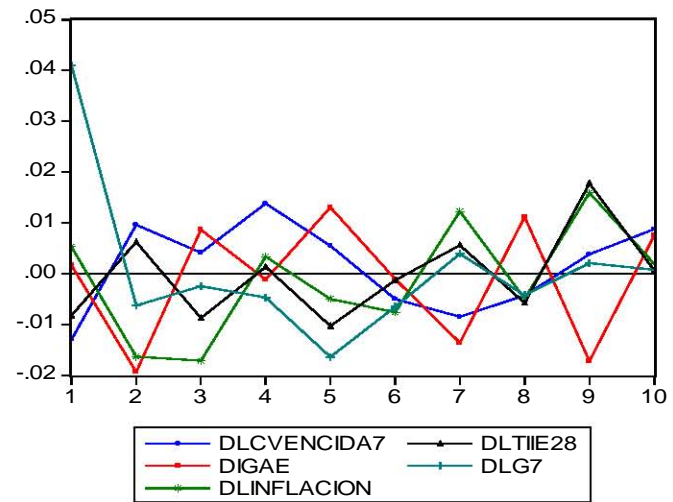
Response of DLCVENCIDA7 to Cholesky
One S.D. Innovations



Response of DLLIQ to Cholesky
One S.D. Innovations



Response of DLG7 to Cholesky
One S.D. Innovations



Como se mencionó previamente, los tres principales tipos de análisis estructural son: 1) pruebas de causalidad de Granger; 2) funciones de impulso-respuesta, y 3) descomposición de la varianza de error del pronóstico.

Para el análisis se eligieron las funciones de impulso-respuesta dado que permiten apreciar la dinámica de las variables tras un choque, mostrando la respuesta de las variables explicadas ante cambios en los errores, así un choque en una de las variables afectará directamente a la propia variable y se transferirá al resto de variables explicadas debido a la estructura dinámica de los modelos VAR (Véase Gráfico 4).

Del conjunto gráficos combinados correspondientes al sistema bancario muestran en el caso del IGAE, que ante una innovación de una desviación estándar, la variable con mayor impacto es la liquidez en el periodo 4 y 7, así como la cartera vencida en el periodo 4 y 6⁹. La cartera vencida ante un choque de una desviación estándar, la variable que muestra un mayor impulso es la liquidez en el periodo 3. En lo que corresponde a la liquidez, ante un impulso de una desviación estándar se aprecia que las variables que tienen una mayor respuesta son la cartera vencida y el IGAE, la primera en el periodo 5 mientras que la segunda en el 3,7 y 8. Por último, el comportamiento de la TIIIE 28, ante una innovación de una desviación estándar, la liquidez muestra la respuesta más notable en el periodo 7.

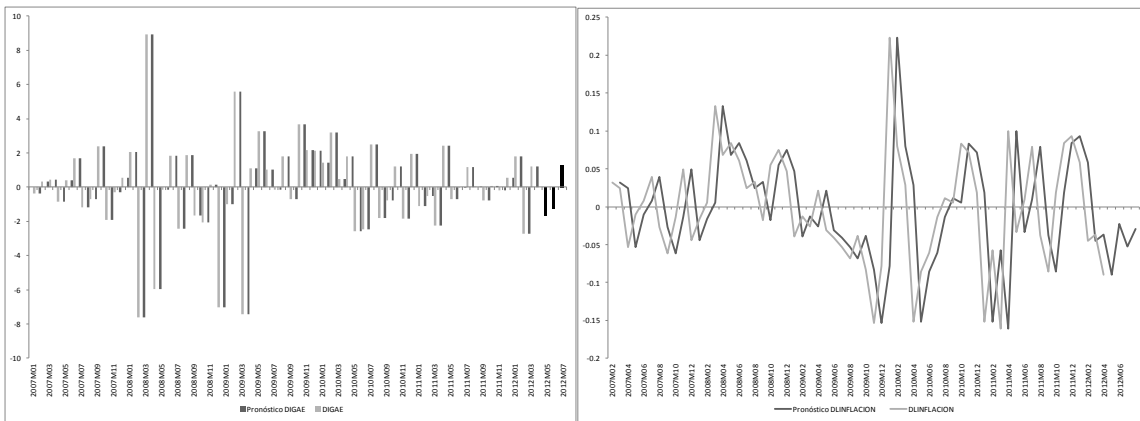
Los resultados más sobresalientes respecto al G-7 se observan en la cartera vencida ya que ante una innovación la liquidez tiene un comportamiento negativo en el periodo 7 y la inflación se incrementa en el 6. Ante un choque de una desviación estándar en el IGAE la cartera vencida responde negativamente en el periodo 2. La respuesta de la TIIIE ante una innovación es un incremento de la liquidez en el periodo 7. La función más sobresaliente respecto a un impulso se aprecia en la variable liquidez, donde la interacción entre las variables es mayor, de tal forma que la respuesta frente al IGAE es negativa en el periodo 2,7 y 9, así como la inflación en el periodo 2 y 3.

⁹ En el lenguaje de los modelos VAR una innovación se refiere a un impulso o bien un choque.

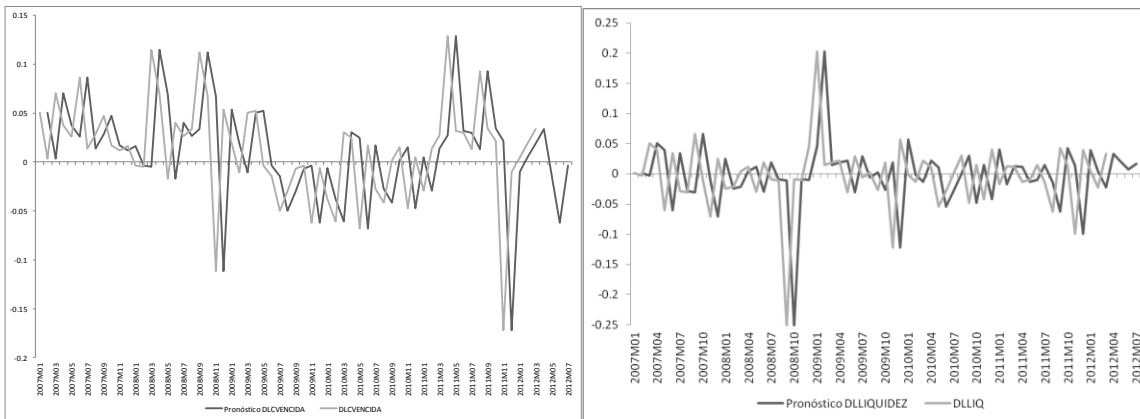
3.3.2 PRONÓSTICO

Una vez realizada la estimación del modelo se procedió a obtener el pronóstico del sistema bancario total para cada una de las series en diferencias y únicamente para tres periodos (véase Gráfico 5). La inspección gráfica indica que el comportamiento dinámico de las variables es similar en los tres periodos, presentando un cierto grado de cointegración.

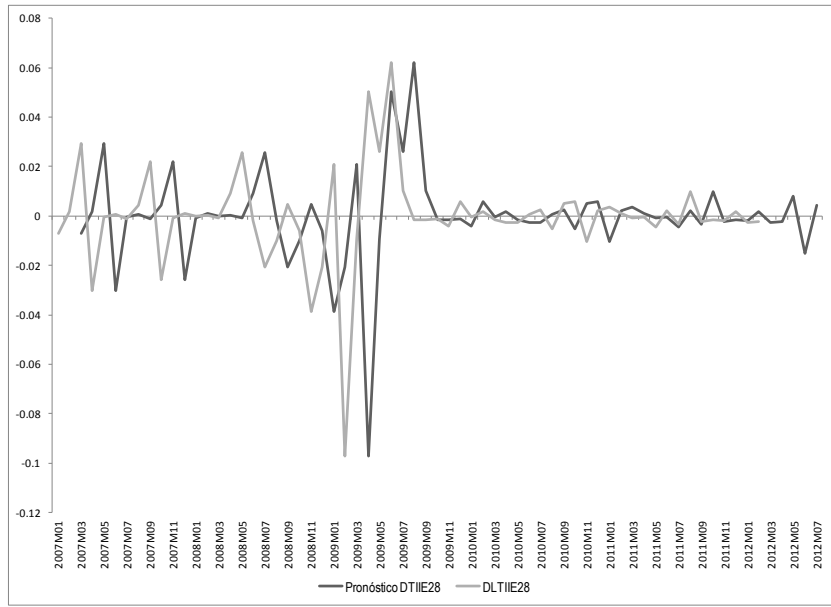
Gráfico 5
Macro stress test: Pronósticos



Fuente: Elaboración propia con datos de la estimación del modelo VAR en E-views



Fuente: Elaboración propia con datos de la estimación del modelo VAR en E-views



Fuente: Elaboración propia con datos de la estimación del modelo VAR en E-views

CONCLUSIONES

En México los trabajos relacionados con pruebas de estrés a nivel agregado son principalmente realizados por instituciones relacionadas con la regulación como la Comisión para la Estabilidad Financiera, empero organismos internacionales tales como el Fondo Monetario Internacional y el Banco Internacional de Pagos recomiendan tanto a bancos centrales como a instituciones financieras elaborar modelos como los macro stress test para la adecuada gestión de crisis financieras.

Los resultados obtenidos de ambos modelos VAR muestran que las variables que tuvieron un comportamiento sobresaliente ante un choque fueron el Índice de Actividad Económica (IGAE) y el índice de liquidez.

Respecto al sistema bancario en su conjunto, por el lado de las variables reales sobresale el comportamiento del IGAE mientras que la variable financiera más representativa es el índice de liquidez, la cual indica que existe una alta exposición al riesgo de liquidez en la economía mexicana. Mientras que el modelo que incluye datos de siete instituciones bancarias, ratifican que la alta concentración de activos financieros por parte de un grupo reducido de entidades implica una mayor exposición al riesgo sistémico.

No obstante que la medición de perturbaciones a través de los macro stress test nos ofrecen buen mapeo del tema, en lo que se refiere al pronóstico de posibles vulnerabilidades del sistema financiero éste es poco significativo ya que supone que la dinámica de todas las variables de estudio se cointegran en el largo plazo.

Finalmente, la crisis de 2008 ha mostrado la necesidad de modelos más robustos que incorporen las diversas exposiciones al riesgo no solo de las instituciones financieras sino también de la economía en su conjunto, y sean más parsimoniosos con el objeto de simplificar la estimación así como que ofrezcan pronósticos más certeros de posibles declives financieros considerando la complejidad de interrelaciones entre mercados e instituciones, por lo que el campo de estudio de pruebas de estrés aún es muy amplio.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro y Drehmann (2009), “Macro stress tests and crises: What can we learn?”, BIS Quarterly Review.
- Barnhill y Schumacher (2011), “Modeling correlated systemic liquidity and solvency risk in a financial environment with incomplete information”, Documento de Trabajo FMI, No. 11/263.
- Blaschke, Jones, Majnoni y Peria (2001), “Stress testing of financial systems: An overview of issues, methodologies, and FSAP experiences”, Documento de Trabajo FMI, No. 01/88.
- Borio, Drehmann y Tsatsaronis (2012), “Stress testing macro stress testing: does it live to expectations?”, Documento de Trabajo BIS No. 369.
- Brooks (2008), Introductory Econometrics for finance, Cambridge University Press, 2a edición.
- Bunn, Cunningham y Drehmann (2005), “Stress testing as a tool for assessing systemic”
- Consejo de Estabilidad Financiera (2012), Informe anual del Consejo de Estabilidad Financiera, México.
- Elsinger, Lehar y Summer (2006) “Risk assessment for banking systems”, Management Science, vol. 52.
- FMI (2006), Indicadores de Solidez financiera, guía de compilación.
- FSB-IMF-BIS (2011), “Macroprudential policy tools and frameworks”, Reporte para el G20.
- Gujarati y Porter (2009), Econometría, Mc Graw Hill, 5a edición.
- Hoggarth, Sorensen y Zicchino (2005), “Stress tests of UK banks using a VAR approach”, Banco de Inglaterra, Documento de Trabajo No. 282.
- Hirtle, Schuermann y Stiroh (2009), “Macroprudential supervision of financial institutions: lessons from the SCAP”, Reporte de la Reserva Federal de New York, No. 409.

- Jacobsen, Linde y Roszbach (2005), “Exploring interactions between real activity and the financial stance”, *Journal of Financial Stability*.
- Jones, Hilbers y Slack (2004), “Stress Testing Financial Systems: What to Do When the Governor Calls” Documento de Trabajo FMI, No. 04/127
- Jorion (2010), *Valor en Riesgo*, El nuevo paradigma para el control de riesgos con derivados, Limusa, México.
- Merton (1974), “On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates”, *Journal of Finance*, Vol. 29.
- Pesaran, Schuerman, Treutler y Weiner (2006), “Macroeconomic dynamics and credit risk: a global perspective”, *Journal of Money Credit and Banking*, vol 38.
- Quagliariello (2009), *Stress-testing the Banking System, Methodologies and Applications*, Cambridge University Press
- Segoviano y Padilla (2007) “Portfolio credit risk and macroeconomic shocks: Applications to stress testing under data-restricted environments”, Documento de Trabajo FMI , No. 06/283
- Sorge (2004), “Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies” Documento de Trabajo BIS, No. 165.
- Verbeek (2000), *A guide to modern econometrics*, Ed. While
- Wilson (1997a): “Portfolio credit risk (I)”, *Risk*, vol 10, No. 9
- Wilson (1997b): “Portfolio credit risk (II)”, *Risk*, vol 10, No. 10