

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CRÉDITO EN EL SISTEMA FINANCIERO COLOMBIANO

Carlos Andrés Amaya G.*

INTRODUCCIÓN

Las recurrentes crisis financieras que han experimentado las economías desarrolladas y en desarrollo durante las dos últimas décadas han demostrado los altos costos¹ de estos sucesos, lo cual ha resaltado la importancia de la estabilidad financiera como consideración de política económica.

En el conjunto de autoridades encargadas de velar por la estabilidad financiera, los bancos centrales juegan un rol de gran importancia, que ha ganado terreno progresivamente dentro de las autoridades monetarias, en la medida en que la mayoría de economías han avanzado de manera importante en la reducción de la inflación.

En aras de promover la estabilidad financiera, los bancos centrales deben realizar al menos tres tareas, según Large (2005)²; en primer lugar, deben evaluar las amenazas que enfrenta el sistema financiero; en segundo lugar, deben velar por la estabilidad del sistema de pagos y tomar acciones encaminadas a disminuir el riesgo en este frente. Finalmente, al ser prestamistas de última instancia, deben estar en capacidad de inyectar liquidez siempre, aún en momentos de crisis.

En este sentido, los ejercicios de *stress testing*, o de tensión, han surgido como una herramienta fundamental para evaluar tanto la solidez como las amenazas que enfrenta el sistema financiero. Estos recogen una gran cantidad de técnicas encaminadas a evaluar la vulnerabilidad del sistema financiero a choques macroeconómicos excepcionales pero plausibles. El uso de estos ejercicios es ya una práctica común dentro de instituciones financieras, al igual que en organizaciones multilaterales, supervisores, bancos centrales e instituciones financieras privadas³.

* Con la colaboración de Inés P. Orozco y Nancy E. Zamudio en el ejercicio de cartera comercial, y con la valiosa ayuda de Diego Vásquez en todos los ejercicios econométricos. Las opiniones expresadas aquí no comprometen al Banco de la República o a su Junta Directiva. Se agradecen las sugerencias de Fernando Pineda y los comentarios hechos por José M. Matus, David Salamanca, José L. Torres y Hernando Vargas. Este trabajo se encuentra en progreso, razón por la cual los comentarios y/o sugerencias son bienvenidos: <camayago@banrep.gov.co>

¹ Por ejemplo, tan solo el costo fiscal, para una muestra de 40 países, fue estimado por Honohan, y Klingebiel (2000) en el 12.8 % del PIB en promedio.

² Large (2005) basa su discusión en el caso del Banco de Inglaterra

³ Por ejemplo, los *Financial Sector Assessment Programs* (FSAPs) del FMI, el Banco de Inglaterra, el Banco Central de Chile y otros.

El presente documento tiene como objetivo evaluar la solidez del sistema financiero colombiano ante eventuales materializaciones del riesgo de crédito, a partir de este tipo de ejercicios. Aun cuando en el corto plazo, las principales amenazas que enfrenta el sistema financiero colombiano provienen de los riesgos de mercado de la deuda pública interna ⁴, la crisis pasada fue, en gran parte, una crisis generada por un aumento en el riesgo crediticio. Por tal razón, resulta de interés examinar la solidez del sistema financiero actual ante cambios en la situación macroeconómica ya que esta puede afectar la capacidad de pago de los deudores, i.e., los hogares y las firmas.

El documento consta de tres secciones adicionales a esta introducción. Como una forma preliminar de abordar los ejercicios de *stress testing*, la segunda explica el espíritu de estos, mientras que la tercera sección propone algunos modelos estadísticos a partir de los cuales se evalúa la solidez del sistema financiero colombiano ante eventuales choques macroeconómicos. La última sección discute las debilidades de los ejercicios y presenta las conclusiones.

I. ¿EN QUÉ CONSISTEN LOS EJERCICIOS DE STRESS TESTING?

Dado que los ejercicios de *stress testing* son una herramienta fundamental en la evaluación de la estabilidad financiera, en esta sección se examina en detalle la naturaleza de estos ejercicios y las dificultades que surgen en su realización, con énfasis especial en el riesgo de crédito⁵. Es importante aclarar que los ejercicios simulan escenarios de crisis hipotéticos en los cuales se busca examinar si, dados estos eventos, el sistema financiero estaría en capacidad de resistirlos. Los ejercicios, a diferencia de lo llamados *modelos de alerta temprana*, no asignan una probabilidad de ocurrencia de estos eventos.

A. ¿Cómo deberían ser?

Los ejercicios de *stress testing* constan de cuatro etapas básicas. En la primera se debe definir el alcance del ejercicio, en la segunda se debe diseñar el escenario macroeconómico *estresado*, en la tercera se debe evaluar el impacto de éste sobre la estabilidad del sistema y, finalmente, se deben considerar los posibles efectos de retroalimentación. En lo que sigue, se discuten con mayor detalle estas etapas.

El primer paso para realizar ejercicios de este tipo es definir su alcance. Para esto es necesario definir el conjunto de instituciones financieras relevantes y el trato que se les va a dar. Por ejemplo, algunos estudios se enfocan únicamente en

⁴ Véase el *Reporte de Estabilidad Financiera* de julio de 2005.

⁵ Esta sección sigue de cerca a Bunn *et al.* (2005) y Sorge (2004).

bancos, incluso sólo en los bancos más grandes. Adicionalmente, es preciso determinar el tipo de activos financieros por examinar; por ejemplo, muchos estudios se enfocan únicamente en el libro bancario, en especial en el crédito de consumo, comercial e interbancario.

El segundo paso consiste en diseñar el escenario macroeconómico *estresado* a partir de uno o varios choques. Teniendo en cuenta el tipo de riesgo analizado, en este caso riesgo de crédito, se debe identificar el(los) factor(es) de riesgo considerado(s), el(los) parámetro(s) por *estresar* (por ejemplo, precios, volatilidades, correlaciones) y el horizonte de tiempo. La construcción apropiada de un escenario macroeconómico supone considerar las correlaciones existentes entre las distintas variables⁶. Sin embargo, muchos análisis realizan ejercicios de sensibilidad, en los cuales se examina el efecto de un cambio extremo en una variable, sin considerar el impacto de ésta sobre las demás.

Seleccionar el tamaño del choque es una decisión clave a la hora de diseñar el escenario. Choques demasiados pequeños o muy grandes pueden hacer que el ejercicio pierda su validez. En todo caso se pretende que el escenario sea extremo pero plausible. En general hay cuatro metodologías que se usan para seleccionar el tamaño del choque. La primera consiste en calibrar los choques mediante observaciones históricas, para hacer que el choque seleccionado replique algún evento pasado. La segunda, que es de naturaleza probabilística, consiste en seleccionar un choque que se encuentra en un percentil alto de la distribución de la variable (por ejemplo, percentil 95 de los movimientos en las tasas interés de los créditos de consumo). La tercera se logra mediante escenarios hipotéticos, que no han tenido necesariamente un paralelo con la realidad. Finalmente, otra posibilidad de seleccionar el tamaño del choque surgiría de responder la siguiente pregunta: ¿de qué tamaño debe ser el choque para generar pérdidas por encima de un umbral?

En una tercera etapa se debe cuantificar el impacto de los choques sobre la estabilidad del sistema. Esto implica, como primera medida, examinar cómo se ve afectada la hoja de balance de los deudores del sistema financiero por el nuevo panorama macroeconómico. Eventualmente, el empeoramiento de las condiciones económicas de los deudores lleva a deteriorar el portafolio de las instituciones financieras. Adicionalmente, es necesario contemplar el impacto sobre la hoja de balance de estos últimos como consecuencia, únicamente, del cambio en el escenario macroeconómico. Una vez cuantificados estos dos efectos se debe evaluar el impacto sobre la *salud* de las instituciones financieras.

Por último, el análisis se puede enriquecer al considerar efectos de retroalimentación, lo cual permitiría observar, por ejemplo, efectos de contagio en el mercado interbancario o un mayor deterioro del panorama macroeconómico, como consecuencia de las respuestas de los agentes (una caída más fuerte de la actividad

⁶ Para tal fin, por ejemplo, el Banco de Inglaterra usa como escenarios base los establecidos en el *Reporte de Inflación*.

económica como consecuencia de la reducción en la oferta de crédito). Sin embargo, esta es una de las partes más complicadas debido a las dificultades que surgen al modelar la interacción entre instituciones financieras, hogares y firmas.

B. Dificultades

En general, al realizar ejercicios de esta naturaleza surgen dificultades tanto metodológicas como de información.

Por un lado, los eventos que se consideran son de baja probabilidad, es decir, se estudian eventos extraordinarios, lo cual dificulta su diseño y predicción. Caso contrario se da en la estabilidad de precios donde se miran los escenarios centrales, no las colas de las distribuciones. Por ejemplo, en términos del modelaje econométrico tradicional que supone relaciones lineales, esto implica una dificultad. En momentos de crisis, estos modelos dejan de ser una buena aproximación debido a que el tamaño de los choques hacen que la no linealidad sea un elemento importante para considerar (véase Bunn *et al.* (2005).

Por otro lado, la inexistencia de series de tiempo lo suficientemente largas dificulta las estimaciones estadísticas de las relaciones existentes durante los períodos de crisis. Esto no sólo es una dificultad para el caso colombiano sino también es una regularidad internacional. Para el caso colombiano, por ejemplo, la información de balances de los bancos sólo está disponible mensualmente desde 1990, mientras que para las empresas sólo se encuentra a partir de 1995 con periodicidad anual. En el caso de los hogares, se carece de información periódica adecuada, lo cual hace que tengamos una sola observación de crisis, la de finales de la década pasada.

Sumado a lo anterior, el análisis es aún más complejo al tener en cuenta los cambios tan rápidos e importantes que se han dado en los mercados financieros recientemente. El desarrollo de nuevos instrumentos y de nuevas prácticas, así como la entrada de nuevos participantes a este mercado, dificultan el estudio.

II. EJERCICIOS

Los ejercicios realizados buscan evaluar la solidez de los bancos comerciales y los bancos especializados en cartera hipotecaria (BECH) ante choques macroeconómicos que incrementan el riesgo de crédito⁷. Para tal fin se estimaron modelos encaminados a explicar la calidad de la cartera, entendida como la razón entre cartera vencida y cartera bruta, para las modalidades de crédito de consumo, hipotecario y comercial. La naturaleza de los choques macroeconómicos es histórica. Suponemos que estos son independientes aun cuando en algunos modelos

⁷ Se examinan estas instituciones ya que son los intermediarios más importantes del sistema financiero colombiano. Se incluyen 21 entidades.

estadísticos todas las variables son endógenas (i.e., en los modelos multivariados de corrección de error VEC). Los ejercicios no tienen en cuenta el deterioro en la actividad financiera causado por los cambios en la situación macroeconómica, ni tienen efectos de retroalimentación.

Es importante señalar que para el caso de los hogares, *crédito de consumo e hipotecario*, el análisis se dificulta al no contar con balances de estos. Lo anterior impide calcar el impacto de choques en las variables macroeconómicas sobre las hojas de balance de los hogares. Esto lleva a que se analice directamente el impacto de cambios en estas variables sobre la relación entre cartera vencida y cartera bruta. Caso contrario sucede para las empresas donde sí se cuenta con balances contables y, por lo tanto se puede analizar el impacto de cambios en las variables macroeconómicas sobre el balance de las empresas.

A. Modelos estadísticos

1. Cartera a los hogares

Al no contar con balances contables para los hogares, es preciso mirar directamente la relación entre variables macroeconómicas y el indicador de calidad de cartera. Sin embargo, el uso de información macroeconómica, en la mayoría de los casos, se caracteriza por tener distribuciones de probabilidad cambiantes en el tiempo, lo que se conoce como no estacionariedad. Lo anterior ha llevado a que algunos estudios, como Delgado y Saurina (2004), usen técnicas de series de tiempo para analizar estas relaciones. En particular, en este trabajo se usan técnicas de cointegración, en el espíritu de Johansen (1988) y Johansen y Juselius (1990). Vale la pena resaltar, como lo señalan Hoggart, Soransen y Zicchino (2005), que estos modelos implican que los ejercicios de estrés son condicionales a la correlación histórica en las variables. Adicionalmente, esta aproximación permite capturar posibles efectos de retroalimentación, como los mencionados en la sección anterior.

2. Crédito de consumo

Es de esperar que las disminuciones en la actividad económica y los aumentos en las tasas de interés incrementen la cartera vencida en la medida en que los hogares perciben unos menores ingresos y asumen una mayor carga financiera. Teniendo esto en cuenta, se estimó un modelo VEC para el indicador de calidad de cartera, el PIB, y la tasa de interés de referencia, la DTF⁸. El ejercicio comprende el período enero de 1994 a marzo de 2005⁹.

⁸ El modelo calculado contiene además *dummies* estacionales centradas, *dummies* para diferentes episodios, y contiene, en la relación de largo plazo, una constante y tendencia; mientras que en la relación de corto plazo sólo tiene una constante (*cdrift*). Se usa el PIB en logaritmos

⁹ El PIB se mensualizó siguiendo la metodología propuesta por Feibes y Lisman (1967), y Denton (1971). Véase Apéndice.

**CARTERA DE CONSUMO VENCIDA ADICIONAL
(PORCENTAJE)**

Período	Choque 1 ^{1/}	Choque 2 ^{2/}	Choque 3 ^{3/}
6 meses	3,4	4,4	7,8
12 meses	6,4	5,9	12,2

^{1/} Subida de 450 pb en la DTF.

^{2/} Caída del PIB de 6,8%.

^{3/} 1 y 2.

Fuente: Cálculos del autor.

En el modelo estimado todas las variables hacen parte del vector de cointegración, son no estacionarias y ninguna es exógena débil. Los residuos son normales y no presentan autocorrelación. El test de la traza, corregido por muestra pequeña según Cheung y Lai (1993), produjo un solo vector de cointegración que corrobora la intuición anterior (i. e. *signos correctos*).

Dado que en el análisis de cointegración todas las variables son endógenas, la respuesta del sistema ante cambios en alguna de estas variables se debe examinar mirando las funciones impulso respuesta (véase Lutkepohl, 1993)¹⁰.

Para ver cómo responde el indicador de calidad de cartera a diferentes choques en variables macroeconómicas se consideraron los siguientes escenarios: 1) subida de 450 puntos básicos (pb) en la DTF, similar a la observada entre mayo y junio de 1998; 2) caída del PIB del 6,8% como la observada durante el segundo trimestre de 1999 y 3) la combinación de estos dos escenarios. Los resultados se presentan en el Cuadro 1.

3. Cartera hipotecaria

Diseñar modelos econométricos para la evolución reciente de la cartera hipotecaria vencida representa una dificultad importante debido a los cambios que ha presentado recientemente el mercado hipotecario.

En primer lugar, el tamaño del mercado se ha reducido significativamente. A diciembre de 1998, la cartera hipotecaria representaba el 10,9% del PIB mientras que a diciembre de 2004 ésta tan solo representaba el 2,6% del PIB. En segundo lugar, fruto de la crisis, el sistema de indexación de los créditos dejó de depender de las tasas de mercado (i. e., DTF) y paso a ser función de la inflación. Finalmente, la ley reglamentó los procesos de titularización de cartera hipotecaria que han tenido impactos significativos del sistema de financiación.

A pesar de estas dificultades, se estimó un modelo VEC, para el período enero de 1994 a diciembre de 2004 con las siguientes variables: PIB, índice de precios de vivienda del DNP, y el índice de calidad de cartera hipotecaria. Es de esperar que las caídas en la actividad económica y las caídas en los precios de vivienda, que llevan a aumentar el *loan to value*, deterioren la calidad de la cartera hipotecaria¹¹. Se incluyeron *dummies* estacionales centradas y *dummies* para controlar por los procesos de titularización de cartera.

¹⁰ Es importante recordar que en este tipo de ejercicios, a pesar de que el choque se da en un período de tiempo, este perdura (al ser $I(1)$ la variable) y, por la naturaleza endógena del sistema, afecta a las otras variables del modelo.

¹¹ Véase Amaya y Martínez (2005).

**CARTERA HIPOTECARIA VENCIDA ADICIONAL
(PORCENTAJE)**

Período	Choque 1 ^{1/}	Choque 2 ^{2/}	Choque 3 ^{3/}
6 meses	3,27	4,27	7,53
12 meses	8,58	7,26	15,84

^{1/} Caída del índice de precios de vivienda (8%).

^{2/} Caída del PIB de 6,8%.

^{3/} 1 y 2.

Fuente: Cálculos del autor.

El test de la traza, corregido por Cheung y Lai (1993), produjo dos vectores de cointegración. Solo uno de estos presentó los signos adecuados. Con el fin de cuantificar el incremento en la cartera vencida que se daría como resultado de las caídas en la actividad económica y en los precios de vivienda, se calcularon las funciones impulso respuesta. Para el PIB se supuso una caída igual a la del ejercicio de crédito de consumo, mientras que para los precios de vivienda se supuso una caída del 8%, equivalente al promedio de las caídas observadas durante 1996-2000. Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

4. Cartera a las empresas

Para este ejercicio se utilizó información suministrada por las Superintendencias de Sociedades, de Valores y Bancaria. La muestra comprende 14 grandes sectores económicos para el período 1998 a 2004. Para cuantificar el incremento en la cartera vencida, fruto de cambios en las condiciones macroeconómicas, se realizó un procedimiento en dos etapas. En un primer paso se examinó el efecto de choques macroeconómicos sobre el estado de pérdidas y ganancias de las firmas para así calcular la utilidad después de ocurridos estos¹². Por ejemplo, una caída de las ventas disminuye inmediatamente los ingresos operacionales y genera así un cambio en la utilidad, y por lo tanto en la rentabilidad de las firmas. Paralelamente, se estimó un modelo de datos panel donde la variable dependiente es el indicador de calidad de cartera y la variable independiente, la rentabilidad del activo. Con la nueva rentabilidad y las estimaciones del modelo se calculó el deterioro de cartera comercial.

Las pruebas estadísticas produjeron un modelo de efectos aleatorios donde el intercepto y las pendientes varían por individuo¹³. El modelo resultante fue el siguiente:

$$(1) \quad Y_{i,t} = \sum_{k=1}^K b_{k,i} X_{k,i,t} + e_{k,i,t}$$

Como se desprende de los resultados (Cuadro 3), la calidad de la cartera comercial está relacionada de manera inversa con la rentabilidad de las empresas. Se encontró que los sectores más sensibles ante cambios en la rentabilidad (y cuya calidad de cartera sería la más afectada), fueron agricultura, ganadería, caza y silvicultura y construcción. De la misma forma, los sectores menos sensibles fueron educación, y las actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler.

¹² Los choques seleccionados fueron la subida de 450 pb en las tasas de interés, una caída del 9% en las ventas, como la observada durante la crisis, y la combinación de estos dos choques

¹³ La prueba de Hausman determinó que el modelo era de efectos aleatorios. Una vez determinado esto, la prueba de Swamy determinó que las pendientes variaban entre individuos.

Se realizó un ejercicio adicional en el que se considera por separado las empresas productoras de bienes transables y no transables. Para el caso de las productoras de bienes transables las pruebas estadísticas determinaron que se debía estimar un modelo de efectos aleatorios donde el intercepto varía entre individuos pero las pendientes no. Para las productoras de bienes no transables se estimó un modelo de efectos aleatorios con intercepto y pendientes que varían entre individuos. El Cuadro 4 presenta los valores en 2004 de las variables incluidas en el panel y los coeficientes estimados por grupo.

B. Solidez de las instituciones

Los modelos anteriores producen el porcentaje adicional de cartera vencida que se vencería como fruto de los choques macroeconómicos. Sin embargo, es

CUADRO 3

CARTERA COMERCIAL POR SECTOR ECONÓMICO

Sector	Porcentaje de		Rentabilidad	Const.	\hat{u} \hat{b}
	Cartera	Cartera vencida			
Agricultura	3,90	12,80	1,30	0,41	(9,29)
Pesca	0,10	2,80	(2,30)	0,16	0,79
Minas	1,70	3,90	31,40	0,36	(1,27)
Industria	37,30	7,20	4,80	0,27	(1,58)
Electricidad	6,70	8,40	6,30	0,08	0,29
Construcción	5,90	16,70	4,20	0,44	(3,25)
Comercio	19,10	5,60	6,10	0,22	(2,51)
Hoteles y restaurantes	0,50	36,00	1,60	0,38	(3,19)
Transporte y comunicaciones	5,90	10,50	1,10	0,19	(1,12)
Intermediación financiera	6,20	6,80	3,70	0,14	(1,10)
Inmobiliarias	6,40	2,10	0,70	0,21	(0,40)
Educación	1,10	3,10	1,50	0,12	(0,65)
Salud	1,50	12,10	8,00	0,35	(1,19)
Otros	3,70	5,90	2,20	0,25	(3,80)
Total	100,00	7,70	5,10	0,25	(1,59)

Fuente: Orozco y Zamudio.

CUADRO 4

CARTERA COMERCIAL, SECTORES TRANSABLE Y NO TRANSABLE

Sector	Porcentaje de		Rentabilidad	Const.	\hat{u} \hat{b}
	Cartera	Cartera vencida			
Transables	42,5	7,61	7,56	0,27	-0,978
No transables	57,5	7,72	3,16	0,25	1,593

Fuente: Orozco y Zamudio.

necesario ver el impacto de estos sobre la solidez de las instituciones financieras. Para tal propósito, en estos ejercicios se cuantifican las pérdidas generadas por el choque como proporción de las utilidades y el impacto que tendría sobre la relación de solvencia.

Para tal fin se supone que la cartera vencida genera dos efectos sobre el balance de los bancos. En primer lugar, fruto del deterioro de la cartera, los bancos deben registrar en su estado de pérdidas y ganancias un gasto adicional por provisiones. Suponemos, al igual que el FMI (2005), que el 45% de la cartera se provisiona. En segundo lugar, la cartera vencida deja de generar ingresos. Para determinar este costo, se calculan las tasas activas implícitas, construidas como los ingresos por intereses sobre la cartera productiva, correspondientes a cada tipo de cartera, y se calculan los ingresos que se dejan de percibir. Se supone que en el momento en que se vence la cartera ésta deja de generar intereses (i.e., se vuelve improductiva). Estos dos efectos tienen impacto tanto en las utilidades como en la relación de solvencia a través del patrimonio técnico.

El Cuadro 5 muestra el impacto de los choques macroeconómicos sobre el agregado de las instituciones financieras analizadas para cada tipo de cartera y choque. En éste se calcula el costo del choque como proporción de las utilidades. Para el ejercicio se usa tanto la cartera como las utilidades de las instituciones financieras a octubre de 2005 en un período de 12 meses. Lo anterior nos lleva a subestimar los resultados ya que los choques macroeconómicos adversos deberían disminuir el nivel de utilidades.

A nivel agregado, los resultados sugieren que el sistema financiero estaría en capacidad de resistir choques cuantiosos de precios o de producto. Sin embargo, si se repitiera una situación similar a la crisis de finales de la década pasada, donde los choques suceden al mismo tiempo, en agregado el sistema financiero no podría cubrir estas obligaciones, al menos con las utilidades actuales.

Los resultados a nivel desagregado se presentan en los cuadros 6 y 7. En el Cuadro 6 se contabiliza el número de bancos para los cuales los costos del choque son superiores al nivel de utilidades, mientras que en el Cuadro 7 se examina el número de bancos cuya relación de solvencia caería por debajo del mínimo (9%),

CUADRO 5

**COSTO COMO PORCENTAJE DE LAS UTILIDADES
(12 MESES)**

	Choque 1	Choque 2	Choque 3
Comercial	4	53	55
Consumo	18	24	36
Hipotecaria	12	11	19
Total	34	88	111

Fuente: Cálculos del autor.

CUADRO 6

**NÚMERO DE BANCOS CUYOS COSTOS SERÍAN
MAYORES A LAS UTILIDADES
(12 MESES)**

	Choque 1	Choque 2	Choque 3
Comercial	1	7	7
Consumo	1	1	3
Hipotecaria	0	0	1
Total	2	10	15

Fuente: Cálculos del autor.

CUADRO 7

**NÚMERO DE BANCOS CUYA RELACIÓN DE SOLVENCIA
CAERÍA POR DEBAJO DEL MÍNIMO
(12 MESES)**

	Choque 1	Choque 2	Choque 3
Comercial	0	4	5
Consumo	4	4	6
Hipotecaria	0	0	1
Total	5	8	12
Relación de solvencia (%)	11,8	9,8	8,9

Fuente: Cálculos del autor.

al igual que se examina el efecto total del choque sobre la relación de solvencia del conjunto de bancos. Es importante señalar que la suma del número de bancos por tipo de cartera no es igual al total. Esto es así ya que puede haber una institución en la cual, por tipo de cartera, los costos del choque son moderados. Sin embargo, la suma de los costos para cada tipo de cartera sí podría ser superior al nivel de utilidades presentado, o suficiente para llevar a una reducción considerable de la relación de solvencia.

Como se desprende de estos cuadros, en caso de que se volviera a dar una situación similar a aquella de la crisis, serían muy pocos los bancos que no enfrentarían problemas. Al igual que para el agregado del sistema, los choques de actividad económica son particularmente relevantes. En términos de las utilidades, este choque sería suficiente para que 10 intermediarios experimentaran pérdidas y para que la relación de solvencia alcanzara 9,77 %. La combinación de los choques de precios (i.e., tasas de interés y precios de vivienda) y actividad económica ocasionaría pérdidas en 15 instituciones y llevaría la relación de solvencia por debajo del mínimo regulatorio.

Vale la pena recordar, además, que los ejercicios presentados examinan exclusivamente el riesgo de crédito y desconocen otros riesgos, como, por ejemplo, el riesgo de mercado y de liquidez, que seguramente se incrementarían bajo un ambiente de inestabilidad.

En general, los resultados evidencian la fragilidad de las instituciones financieras ante choques macroeconómicos históricamente grandes. Aún cuando el sistema financiero se caracteriza por niveles de utilidades históricamente altos, una relación de solvencia mucho más alta que el mínimo y cuando los niveles de riesgo crediticio están en niveles bastante bajos, cambios drásticos en las condiciones macroeconómicas podrían afectar significativamente la estabilidad del sistema financiero.

III. LIMITACIONES Y CONCLUSIONES

A pesar de que los ejercicios actuales distan de ser un análisis completo donde se estudie la vulnerabilidad del sistema financiero ante el riesgo de crédito, estos brindan un primer marco de referencia. Los ejercicios muestran que aún cuando el sistema financiero presenta utilidades bastante altas y una relación de solvencia holgada, choques macroeconómicos como los observados en la crisis pasada, en especial en la actividad económica, generarían problemas bastante considerables sobre la estabilidad de este. Estos resultados resaltan la importancia de avanzar en la regulación de riesgo de crédito y de provisiones anticíclicas.

El camino por recorrer en cuanto a técnicas de *stress testing* que nos ayuden a evaluar la solidez de las instituciones financieras es bastante largo, aun en un contexto internacional. Los ejercicios realizados presentan algunas debilidades que vale la pena mencionar con el fin de avanzar hacia ejercicios más sofisticados y comprensivos.

En primer lugar, es necesario mejorar la relación entre los choques exógenos a la economía con el balance de los agentes analizados (un *mapping*). Lo anterior implica diseñar adecuadamente los canales mediante los cuales los movimientos en las variables macroeconómicas afectan la solidez de los deudores y de las instituciones crediticias, al igual que la interrelación entre estos. Es importante señalar que parte de las dificultades es consecuencia de la carencia de información, particularmente para el caso de los hogares. Esto, además, nos permitiría ampliar el análisis para incluir otro tipo de riesgos.

En segundo lugar, se requiere comprender cómo se correlacionan los choques. Por ejemplo, entender cómo subidas de tasas de interés por parte del banco central pueden afectar el producto, las tasas de los títulos de deuda pública, la tasa de cambio etc. Esto nos llevaría a crear escenarios macroeconómicos consistentes. Los ejercicios actuales, dado que suponen independencia entre las variables pueden presentar algún tipo de sesgo.

REFERENCIAS

- Amaya, C. A.; J. Martínez (2005). “Tenencia, distribución y valor de las viviendas colombianas a 2003”, en *Reporte de Estabilidad Financiera*, Bogotá, Banco de la Republica, julio, pp. 93-106.
- Banco de la República (2005). *Reporte de Estabilidad Financiera*, Bogotá, julio de 2005.
- Boot, J. C.; Feibes, W.; Lisman, J. H. C. (1967). “Further Methods of Derivation of Quarterly Figures from Annual Data”, en *Applied Statistics*, Vol.16, No. 1, pp. 65-75.
- Bunn, P.; Cunningham A.; Drehmann, M. (2005). “Stress Testing as a Tool for Assessing Systemic Risk” en *Financial Stability Review*, Banco de Inglaterra, MES, pp. 116-126.
- Cheung, Y. W.; K. Lai, S. (1993). “Finite-sample sizes of Johansen likelihood ratio tests for cointegration”, en *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 55, pp. 313-328.
- Delgado, J.; Taurina, J. (2004). “Riesgo de crédito y dotaciones a insolvencias. Un análisis con variables macroeconómicas”, *Banco de España*, enero, mimeo.
- Denton, F. T. (1971). “Adjustment of Monthly or Quarterly Series to Annual Total: An Approach based on Quadratic Minimization”, en *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 66, pp. 92-102
- FMI (2005). “Financial System Stability Assessment Update”, abril.
- Honohan, P.; Klingebiel, D. (2000). “Controlling the Fiscal Costs of Banking Crises”, Documento de trabajo de investigación de política, Banco Mundial, WPS 2441, septiembre.
- Johansen, S.(1988). “Statistical Analysis of Cointegration Vectors”, en *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.12, No. 2-3, pp. 231-254.
- _____; Joselius, K. (1990). “Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application to the Demand for Money”, en *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 52, No 2, pp.169-210.
- Lutkepohl, H. (1993). *Introduction to Multiple Time Series Analysis*, Berlín, Springer Verlag, segunda edición.
- Sorge, M. (2004). “Stress-testing Financial Systems: an Overview of Current Methodologies”, *BIS Documento de trabajo*, No. 165, diciembre.

APÉNDICE ECONOMÉTRICO

La derivación del PIB mensual a partir del PIB trimestral sigue la metodología propuesta por Boot *et al.* (1967) y Denton (1971). El problema, tal como lo muestra Denton es un caso particular del aquel en el cual se intenta compatibilizar una serie de alta frecuencia, proveniente de una fuente particular, con otra de una menor frecuencia y de diferente fuente.

El problema de ajustar una serie original de baja frecuencia a una de alta frecuencia puede resolverse mediante un método que minimice, de alguna manera, la distorsión de la serie original y satisfaga la condición mediante la cual la suma de los valores mensuales sea igual al total trimestral. Por ejemplo, para el caso del PIB, la suma de los PIB mensuales estimados para un trimestre debe ser igual al trimestral reportado por el DANE.

Un criterio posible puede ser minimizar la suma de las diferencias entre los meses seguidos, sujeto a la restricción según el cual para cada trimestre la suma de los meses sea igual a la del trimestre.

Formalmente, si tenemos n años, queremos escoger los x_i que minimizan la siguiente expresión:

$$(2) \quad \min \sum_{i=2}^{12n} (x_i - x_{i-1})^2$$

s.a.

$$(3) \quad \sum_{i=12k-11}^{12k} x_i = t_k \quad (k = 1, 2, \dots, n)$$

donde x_i representa la observación mensual y t_k el total para el trimestre k .

Como es tradicional, el problema se resuelve haciendo uso del lagrangiano y derivando con respecto a x_i y a λ_k . Los valores mensuales que resuelven el problema son los x_i que satisfacen la siguiente condición de primer orden:

$$(4) \quad \begin{pmatrix} B & -J' \\ J & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ \lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ t \end{pmatrix}$$

donde x es el vector de $12n$ elementos, λ es el vector de n lagrangianos, t es el vector de los n totales trimestrales y 0 es una matriz de ceros de dimensión $n \times n$.

La matriz J , de dimensiones $n \times 12n$, para $n = 2$, esta dada por:

$$(5) \quad J = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$