



REPORTE DE ESTABILIDAD FINANCIERA

Septiembre de 2010

Análisis comparativo del riesgo crediticio:
una aproximación no paramétrica

Angela Gonzalez Arbelaez
Juan Carlos Mendoza
Jose Hernan Piñeros G

Análisis comparativo del riesgo crediticio: una aproximación no paramétrica^{*}

Angela González Arbeláez

Juan Carlos Mendoza

José Hernán Piñeros G^{**}

21 de octubre de 2010

Resumen

El objetivo de este documento es realizar una estimación de la distribución de pérdidas de las carteras comercial y de microcrédito mediante una aproximación no paramétrica. Se utilizó la metodología de *bootstrapping* para encontrar esta distribución de pérdidas como porcentaje del portafolio para ambas carteras. Los resultados muestran que la de microcrédito exhibe una pérdida esperada mayor a la comercial, lo que lleva a que sea necesario constituir más provisiones por peso otorgado. Por su parte, la cartera comercial presenta pérdidas no esperadas superiores, por lo que el nivel de capital que se debe exigir es mayor que para microcrédito. Adicionalmente, las pérdidas esperadas de la cartera de microcrédito no muestran una relación clara con el ciclo económico, en contraste con la comercial.

Clasificación JEL: C14, C15, G21, G32

Palabras clave: Distribución de pérdidas, microcrédito, probabilidad de incumplimiento, riesgo de crédito

^{*}Las opiniones contenidas en este documento son exclusivas de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Los autores son responsables de los errores que persistan.

^{**}Los autores pertenecen al Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República de Colombia. Los correos de los autores en su orden son: a-gonzarb@banrep.gov.co, jmendogu@banrep.gov.co, jpinergo@banrep.gov.co. Agradecemos especialmente la colaboración y comentarios de Fernando Pineda, Dairo Estrada y los demás integrantes del Departamento de Estabilidad Financiera, y a Juan Pablo Guerrero por su ayuda con el manejo de la información.

1. Introducción

La prevención y reducción de los riesgos inherentes a la actividad de intermediación es un tema que atañe no sólo a los establecimientos de crédito sino también a los organismos de control y supervisión, los cuales deben velar por la preservación de la estabilidad financiera y del sistema de pagos. La naturaleza del microcrédito y los riesgos que conlleva, exigen cambios en la regulación para evitar posiciones de riesgo en relación con el desarrollo de nuevos productos y servicios financieros que llegan a la población de bajos ingresos, y sobre todo a aquella distante de los centros urbanos, especialmente si se tiene en cuenta la ausencia de información de este tipo de cliente.

El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, de hecho, reconoce que el crédito dirigido al sector microempresarial tiene características diferentes a las del comercial, y en ese sentido expidió recientemente un documento de consulta, donde plantea algunos principios básicos para una supervisión eficaz (Basilea (2010)). De esta manera, los plazos cortos y los bajos montos de sus préstamos, la falta de garantías, la mayor frecuencia de las amortizaciones de capital, el deterioro acelerado de la calidad de su cartera, y el contagio que se propaga exponencialmente en su zona de influencia, exigen cambios en favor de una supervisión dinámica para mitigar los riesgos que se generan en el otorgamiento de microcrédito.

De otro lado, el Comité considera necesario efectuar un alto cubrimiento de los riesgos de las instituciones financieras, y en ese aspecto es importante evaluar la suficiencia del capital global en relación con el perfil de riesgo que implica las características de su negocio (Basilea (2010)). En ese sentido, se deben reducir o, mejor aún, precisar los costos derivados de dicho cubrimiento a fin de facilitar crecimientos en eficiencia en su labor de intermediación, los cuales se pueden ver reflejados en menores costos para los usuarios de microcrédito. El presente documento se encamina en esta vía, al mostrar que las reservas requeridas (provisiones y capital) para cubrir las pérdidas esperadas y no esperadas de la cartera otorgada a los microempresarios son diferentes a las exigidas para cubrir las pérdidas del crédito comercial. De este modo, el objetivo del documento es estimar la distribución de probabilidad de las pérdidas como porcentaje del portafolio de créditos para la cartera comercial y de microcrédito, en razón a que ésta sirve como base para estimar los requerimientos de provisiones y de capital.

Varios estudios se han realizado para intentar asignar el capital adecuado de acuerdo con los niveles de riesgo asumidos por las entidades financieras. Un primer avance es el trabajo de Asarnow y Edwards (1995) en el cual se analizan los préstamos incumplidos de los bancos en Estados Unidos para establecer una aproximación de las pérdidas del portafolio de créditos a través de una fórmula contable que intenta definir la pérdida dado el incumplimiento. También es interesante el estudio comparativo que hace Gordy (2000) de los modelos de riesgo *Credit Metrics* y *Credit Risk*, los que a pesar de ser diferentes, por cuanto la metodología seguida por el primero es paramétrica y la del segundo no, mantienen una estructura matemática similar, llegando a conclusiones parecidas sobre el comportamiento del riesgo de crédito.

Carey (2002) utilizó la metodología de *bootstrapping* para estimar la distribución de pérdidas del portafolio de crédito para deudores del sector no financiero en Estados Unidos, para el período 1989-

1991, con un horizonte entre uno y tres años, a fin de encontrar una aproximación para constituir las provisiones por pérdidas de cartera y el capital económico, contribuyendo así al establecimiento de un capital regulatorio más apropiado. En la metodología se tuvo en cuenta la probabilidad de incumplimiento, utilizando para ello una distribución binomial, la pérdida dado el incumplimiento (50 %) y el monto del capital expuesto. Para definir el horizonte de la probabilidad de incumplimiento, el autor estableció tres escenarios: de uno, dos y tres años. Los resultados estadísticos son consistentes con la intuición, es decir, que en la medida en que aumenta el plazo y avanza el ciclo de periodos normales, a recesión y a gran depresión, la probabilidad de pérdidas estimadas también aumenta.

En el documento presentado por Majnoni y Powell (2005), los autores mencionan que la regulación de capital establecida por Basilea II no necesariamente es adaptable a los bancos de las economías latinoamericanas, ya que el sistema financiero tiene características diferentes a las de las economías del G10. Con este propósito utilizan la metodología de *bootstrapping* estimando las funciones de probabilidad de pérdida de México, Brasil y Argentina, condicionadas al desempeño general de la economía y la correlación de pérdida de los créditos, entre otros. Los resultados muestran que con estas estimaciones, los niveles de provisiones y capital necesarios serían diferentes a los establecidos por Basilea (2004) y, por lo tanto, no necesariamente sería una metodología apropiada para implementar en países latinoamericanos.

La metodología utilizada en el presente documento para alcanzar los objetivos señalados es la expuesta en Adasme *et al.* (2006), la cual consiste en realizar una estimación de la distribución de la probabilidad de incumplimiento, y específicamente de las pérdidas esperadas y no esperadas, desde una aproximación no paramétrica. Estos autores encontraron que el comportamiento del riesgo de crédito difiere entre los préstamos grandes y los pequeños, así como una correlación existente entre los primeros y el ciclo económico, lo que va en línea con lo expuesto por Basilea (2010).

De otro lado, Perradium *et al.* (2002) incorporan a su modelo factores macroeconómicos y de riesgo sistémico que afectan la exposición del riesgo crediticio; de este modo, encuentra una correlación sistemática entre la probabilidad de incumplimiento y la pérdida dado el incumplimiento; ésta última atada a los efectos del ciclo económico. Respecto a este tema, el Comité de Basilea señala que el riesgo crediticio de la cartera de microcrédito está menos relacionado con los cambios en la actividad económica que el riesgo de la comercial, por lo que se podría argumentar que las provisiones contracíclicas no son tan útiles como si lo son para mitigar el riesgo de esta última.

Por lo anterior, en este documento se utilizan métodos no paramétricos para estimar la distribución de probabilidad de las pérdidas como porcentaje del portafolio para el sistema financiero colombiano entre 2000 y 2009, de tal manera que se puedan establecer las diferencias entre el comportamiento del riesgo de crédito de las carteras comercial y de microcrédito. Vale la pena resaltar que en este documento el microcrédito se refiere a aquel definido por la regulación en términos del monto y nivel de endeudamiento máximo del cliente, por lo que no se tiene en cuenta si la entidad financiera que otorga el crédito emplea tecnología microcrediticia¹.

¹Una definición más amplia de este concepto se encuentra en “Situación actual del microcrédito en Colombia: Características y experiencias” REF (2010).

El trabajo está compuesto por cinco secciones, incluyendo esta introducción. En la segunda sección se presenta un análisis de los datos utilizados para los ejercicios, mientras que en la tercera se describe la metodología para encontrar las distribuciones de pérdidas de los tipos de cartera. En la cuarta sección se analizan los resultados obtenidos, y en la última se presentan las conclusiones del estudio.

2. Datos

En esta sección se realiza una descripción de los datos utilizados para la simulación de la función de distribución de la probabilidad de incumplimiento de las carteras comercial y de microcrédito, así como de la muestra utilizada y sus características.

2.1. Información crediticia

Para obtener la información sobre los créditos otorgados a los deudores por las entidades financieras en Colombia, se utilizó la información del Formato 341 de la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC (2009)), donde los establecimientos de crédito le reportan a esta entidad cada uno de los préstamos otorgados y sus características tales como: el capital vigente², la calificación del crédito y los días de mora, entre otros. Aunque en este formato se incluye la información de todas las modalidades de crédito, para el objetivo de este trabajo se analizaron únicamente los créditos comerciales y microcréditos.

Al estudiar estas dos modalidades de crédito, se puede observar que son diferentes entre sí: mientras que la comercial representó en diciembre de 2009 el 53,9% del total de la cartera de créditos, la de microcrédito lo hizo en 2,5%; sin embargo, esta última ha crecido sustancialmente durante los cinco años más recientes, con tasas de crecimiento real anual promedio superiores a 20% (REF (2010)).

Adicionalmente, mientras que el monto de capital de la cartera comercial es mayor (24 veces) al de la de microcrédito, el número de créditos otorgados es superior para esta última. Dicho comportamiento se debe, entre otras razones, a los topes de endeudamiento fijados por la ley, donde el monto máximo por operación de microcrédito no puede superar los 25 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV), a la vez que el nivel máximo de endeudamiento de un individuo con el sistema no puede superar los 120 SMMLV³.

2.2. Cartera comercial

Para la construcción de la muestra de cartera comercial, se utilizó la información anual del formato mencionado desde diciembre de 1999 hasta 2009. Teniendo en cuenta la definición de la Superintendencia Financiera de Colombia donde la calificación de incumplimiento es aquella en la cual la probabilidad

²El capital reportado en el Formato 341 corresponde al saldo vigente del crédito.

³Ley 590 de 2000 del Congreso de la República de Colombia.

de empeorar de categoría es mayor a la de mejorar y que para la cartera comercial esta calificación es C; se tomaron los créditos calificados como A y B⁴ en un periodo determinado que seguían vigentes 12 meses después⁵, y se observó el comportamiento de estos créditos. Con los resultados de la muestra, se construyó una variable categórica de incumplimiento conformada por los que entre un periodo y otro pasaron a ser calificados como C, D y E.

En términos del número de créditos, a diciembre de 2009 la muestra contó con información de 500.824, lo que representa el 85,2 % del total de créditos de la cartera comercial. Adicionalmente, en términos del capital, esta participación fue de 98,2 % al alcanzar \$93,5 billones, lo que muestra que aunque no se incluyen todos los créditos, si se incorporan los de mayores montos de capital.

2.3. Cartera de microcrédito

Para la construcción de la muestra de la cartera de microcrédito se utilizó la información anual desde diciembre de 2003 hasta 2009; se tomaron los créditos calificados como A en una fecha determinada, que seguían vigentes un año después, y se analizó la evolución de su calificación. En este caso, la variable categórica de incumplimiento se construyó con los créditos que entre un año y otro se ubicaron en una categoría diferente de A⁶ (según la Superintendencia Financiera la calificación de incumplimiento se da a partir de la categoría B).

La muestra de microcrédito en diciembre de 2009 incluyó la información de 642.042 créditos, lo que representó el 61,9 % del total de la cartera de microcrédito, mientras que en términos de capital esta participación fue 61,0 %, con un monto total de \$2,3 billones. Se podría pensar que esta menor representatividad de la cartera de microcrédito se explica por la definición de incumplimiento, pues a diferencia de la comercial, no incluye los créditos calificados como B; sin embargo, cuando se analiza la participación de cada una de las calificaciones dentro del total de la cartera, se encuentra que dentro de la riesgosa -compuesta por los créditos con una calificación diferente de A- la categoría de mayor participación es la E. No obstante, dadas las características de un microcrédito, la duración es menor a la de un crédito comercial y es posible que algunos que estaban vigentes en diciembre de un año determinado, no estén vigentes en los 12 meses siguientes; y por este motivo no estaría incluido en la muestra.

Con las variables categóricas de cada una de las carteras, se analizó el porcentaje de créditos que entraron en *default*. Se puede observar que a lo largo del período, la cartera de microcrédito tiene un indicador de incumplimiento superior al de la comercial (Figura 1), lo que es consistente con los resultados de la sección 4 donde se encuentra la simulación de la función de distribución de la

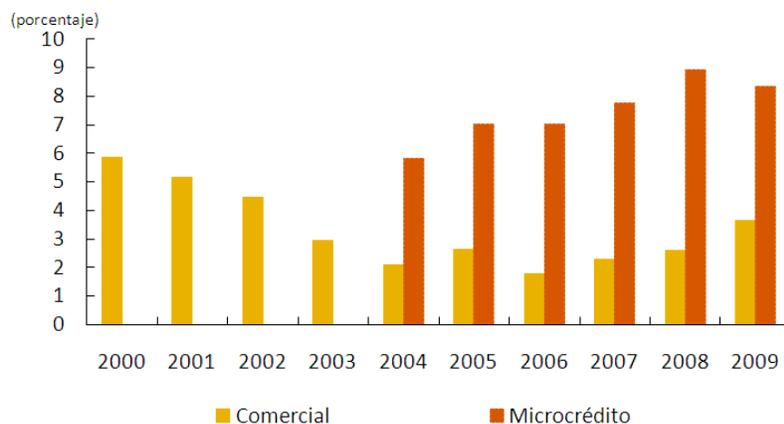
⁴En Colombia las calificaciones de riesgo de los créditos son A, B, C, D y E donde A es la categoría de riesgo normal y E la de riesgo de incobrabilidad.

⁵En Colombia la Superintendencia Financiera define la probabilidad de incumplimiento como la probabilidad de que en un lapso de doce (12) meses, los créditos incurran en incumplimiento. El incumplimiento es diferente para cada una de las modalidades de cartera.

⁶Como la definición de incumplimiento es diferente para las carteras, se realizaron ejercicios alternos donde la definición de incumplimiento era la misma para ambas, obteniendo resultados robustos.

probabilidad de incumplimiento, que muestra que este indicador es más alto para la de microcrédito.

Figura 1: Porcentaje de créditos de la muestra que entraron en *default*



Fuente:Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Finalmente, como en este ejercicio se incluyen todas las entidades que otorgaron los créditos, es necesario mencionar que el comportamiento de la distribución de probabilidad de pérdida esperada estimada no necesariamente es igual para todas los establecimientos de crédito, pues la participación de cada una dentro de la muestra de ambas carteras es diversa al igual que sus características. En los cuadros 1 y 2 se presenta el monto de capital otorgado por cada una de las entidades y sus respectivas participaciones, y en el Anexo A.1 se encuentra las propiedades estadísticas de la muestra por tipo de entidad.

Cuadro 1: Saldo de cartera* y participación por tipo de intermediario, comercial

| Periodo | Bancos | Part.(%) | CF ^a | Part.(%) | CFC ^b | Part.(%) | Otras ^c | Part.(%) |
|---------|--------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|--------------------|----------|
| 99-00 | 13.611 | 64,9 | 3.291 | 16,3 | 992 | 4,9 | 2.771 | 13,7 |
| 00-01 | 14.374 | 65,9 | 3.344 | 15,3 | 1.194 | 5,4 | 2.868 | 13,1 |
| 01-02 | 15.042 | 64,2 | 3.262 | 13,9 | 1.345 | 5,7 | 3.757 | 16,0 |
| 02-03 | 19.434 | 69,5 | 3.306 | 11,8 | 2.034 | 7,3 | 3.174 | 11,3 |
| 03-04 | 24.310 | 71,2 | 3.447 | 10,1 | 3.569 | 10,4 | 2.785 | 8,1 |
| 04-05 | 31.134 | 82,5 | 833 | 2,2 | 4.637 | 12,3 | 1.093 | 2,9 |
| 05-06 | 44.826 | 83,3 | 49 | 0,1 | 7.799 | 14,4 | 1.140 | 2,1 |
| 06-07 | 58.356 | 82,7 | | | 11.372 | 16,1 | 758 | 1,1 |
| 07-08 | 73.219 | 83,4 | | | 13.653 | 15,5 | 876 | 1,0 |
| 08-09 | 74.764 | 79,9 | | | 14.886 | 15,9 | 3.856 | 4,1 |

*Cifras en miles de millones de pesos.

^a Corporaciones financieras. La pérdida de participación de estas entidades se debe a un cambio en la orientación del negocio, pues dejaron de otorgar créditos comerciales y se dirigieron hacia otras actividades como banca de inversión.

^b Compañías de financiamiento comercial.

^c Las entidades agrupadas en otras son: Entidades cooperativas de carácter financiero, los organismos cooperativos de grado superior y las instituciones oficiales especiales (IOE), entre otras.

Fuente: Superintendencia financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Cuadro 2: Saldo de cartera* y participación por tipo de intermediario, microcrédito

| Periodo | Bancos | Part.(%) | CFC ^a | Part.(%) | Coop ^b | Part.(%) | IOE ^c | Part.(%) |
|---------|-----------|----------|------------------|----------|-------------------|----------|------------------|----------|
| 03-04 | 334.312 | 88,8 | 40.985 | 10,8 | 171 | 0,05 | 924 | 0,25 |
| 04-05 | 558.683 | 91,4 | 50.327 | 8,2 | 176 | 0,03 | 1.556 | 0,25 |
| 05-06 | 732.163 | 91,8 | 61.965 | 7,7 | 926 | 0,12 | 2.211 | 0,28 |
| 06-07 | 1.089.944 | 93,0 | 72.409 | 6,1 | 2.913 | 0,25 | 5.919 | 0,51 |
| 07-08 | 1.367.769 | 93,0 | 87.917 | 5,9 | 3.246 | 0,22 | 11.395 | 0,78 |
| 08-09 | 2.198.103 | 93,9 | 117.051 | 5,0 | 5.917 | 0,25 | 19.298 | 0,82 |

*Cifras en millones de pesos.

^a Compañías de financiamiento comercial.

^b Organismos cooperativos de grado superior.

^c Instituciones oficiales especiales

Fuente: Superintendencia financiera de Colombia; cálculos de los autores.

3. Metodología

La metodología empleada en este trabajo sigue la expuesta por Adasme *et al.* (2006) que consiste en utilizar técnicas no paramétricas para estimar la pérdida esperada ($\bar{\rho}_t$) y la no esperada (ρ_{net}) de un portafolio de créditos, que en este documento van a ser las carteras comercial y de microcrédito del sistema financiero colombiano.

Las principales ventajas de este tipo de técnicas son, en primera instancia, que no requiere de un supuesto distribucional sobre el comportamiento de la probabilidad de incumplimiento y, en segundo lugar, que permite realizar estimaciones libres de especificaciones erróneas de los modelos. No obstante, hay que tener en cuenta que no permiten encontrar los determinantes del comportamiento de la probabilidad de incumplimiento del portafolio de créditos. Sin embargo, ya que el objetivo de este análisis no es encontrar los determinantes del incumplimiento de las carteras mencionadas, si no estimar su comportamiento y las diferencias que se pueden presentar entre el riesgo de crédito, las metodologías no paramétricas representan una solución adecuada.

3.1. Simulación de distribución

Para cada una de las carteras se consideraron los créditos que aparecen en diciembre para un año determinado y que no han expirado en los siguientes doce meses. También se tomaron las calificaciones y el capital de éstos en ambos periodos. Después, se definió una variable categórica para establecer el incumplimiento de cada una de las carteras. Se precisa que hay incumplimiento, para el crédito comercial, cuando la calificación en un periodo dado era A o B y en los doce meses siguientes pasó a C, D o E y, para microcrédito, dadas las características del tipo de los deudores, cuando en un periodo determinado era A y en los doce meses siguientes pasó a B, C, D o E.

Una vez se definieron los créditos que incumplieron y los que no, se realizó la simulación para encontrar la distribución de probabilidad de la pérdida del portafolio en un año específico. Para ello se utiliza la técnica de *bootstrapping*, donde se definió la población como el total del portafolio de créditos que hay

en un año dado y se tomaron 100.000 muestras aleatorias de esta población.

Para calcular el tamaño (n) de cada muestra se consideró un margen de error de muestreo del 1% y un nivel de confianza del 99%⁷. Para cada muestra se calculó la probabilidad de incumplimiento como el porcentaje del valor del portafolio de la muestra que está en *default*, es decir:

$$\hat{\theta}_{i,t} = \sum_{j=1}^n \frac{K_{j,t} I_{j,t}}{K_{j,t}} \quad (1)$$

donde,

$\hat{\theta}_{i,t} \equiv$ Probabilidad de incumplimiento de la muestra i en el año t .

$K_{j,t} \equiv$ monto del crédito j en el año t .

$I_{j,t} \equiv$ variable categórica que toma el valor de 1 si el crédito j está en *default*, 0 si no lo está.

Luego se calcula la pérdida de cada portafolio como:

$$\rho_{i,t} = \hat{\theta}_{i,t} * PDI_t \quad (2)$$

donde,

$PDI_t \equiv$ Pérdida dado el incumplimiento en el portafolio para el año t .

La estimación de la *PDI* se realizó con base en el capítulo II de la Ley 100 de 1995 de la Superintendencia Financiera. Dependiendo del tipo de garantías que tenga el crédito se establece la *PDI* para cada tipo de cartera, tal y como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Pérdida dado incumplimiento por tipo de garantía

| Tipo de Garantía | Microcrédito | Comercial |
|--|--------------|------------|
| Garantía no admisible | 60 % | 55 % |
| Colateral financiero admisible | 0 % - 12 % | 0 % - 12 % |
| Bienes raíces comerciales y residenciales | 40 % | 40 % |
| Bienes dados en leasing inmobiliario | 35 % | 35 % |
| Bienes dados en leasing diferente a inmobiliario | 45 % | 45 % |
| Otros colaterales | 50 % | 50 % |
| Derechos de cobro | 45 % | 45 % |
| Sin Garantía | 65 % | 55 % |

Fuente: Anexo 3, Capítulo II, Ley 100 de 1995.

A partir de las 100.000 simulaciones se obtiene una muestra $\rho_{1,t}, \rho_{2,t}, \dots, \rho_{100,000,t}$, para el año t , a la cual se le estima la distribución de probabilidad empírica. Adicionalmente, se calcula la pérdida esperada del portafolio en el año t ($\bar{\rho}_t$) y la máxima pérdida como porcentaje del portafolio en el año

⁷Es importante aclarar que el tamaño de la muestra es diferente en cada año pues depende de la varianza y de las condiciones de la población de ese periodo. Para mayor información sobre el cálculo del tamaño de la muestra revisar Majnoni y Powell (2005).

t a un nivel de significancia α ($VeR_{\alpha,t}$) como :

$$\bar{\rho}_t = \sum_{i=1}^{100,000} \frac{\rho_{i,t}}{100,000} \quad (3)$$

$$VeR_{\alpha,t} = Cuantil_{\alpha}(\rho_{1,t}, \rho_{2,t}, \dots, \rho_{100,000,t}) \quad (4)$$

De esta forma se puede definir la pérdida no esperada (ρne_t) del portafolio en el año t como:

$$\rho ne_t = VeR_{\alpha,t} - \bar{\rho}_t \quad (5)$$

Con base en los resultados de las estimaciones de las $\bar{\rho}$ y las ρne se pueden establecer los niveles de provisiones y capital requerido en cada periodo.

4. Resultados

Los resultados de las simulaciones para la cartera de microcrédito y la comercial se presentan en la Figura 2. Como se puede observar, las distribuciones de probabilidad de las pérdidas para estos dos tipos de crédito son muy diferentes: mientras que en la cartera de microcrédito la distribución se aproxima a la normal⁸, en la comercial la distribución es asimétrica, sesgada a la izquierda y con colas anchas. En el primer caso, la forma de la distribución se debe al monto de préstamo máximo permitido, que conduce a que los saldos de capital no sean dispersos entre sí, y debido a la ley de los grandes números, que la distribución converja a la normal. En contraste, al no estar acotado el monto por préstamo del crédito comercial, la diferencia entre ellos tiende a ser amplia.

Adicionalmente, los resultados sugieren que los créditos con mayor monto expuesto tienen una menor probabilidad de incumplimiento, por lo que la distribución de las pérdidas del portafolio está sesgada a la izquierda. Asimismo, dado este tipo de distribución, la probabilidad de pérdidas extremas puede ser elevada en comparación con la cartera de microcrédito.

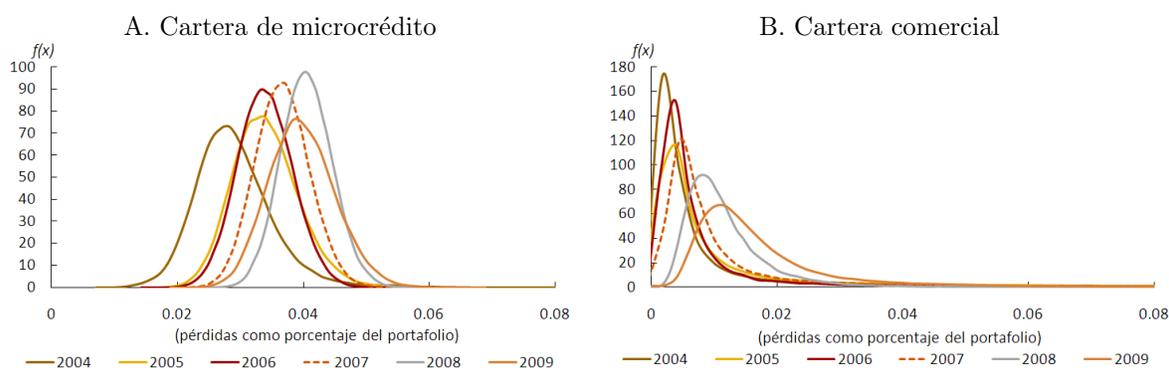
En la Figura 3 se presenta la distribución de las pérdidas como porcentaje del portafolio de créditos para la cartera comercial y la de microcrédito en 2009. Como se puede apreciar, la pérdida esperada es mayor para la cartera de microcrédito (4,0%) que para la comercial (1,7%)⁹. Sin embargo, al observar la pérdida máxima que se podría presentar a un nivel de significancia del 1% (VeR), ésta es mayor en la cartera comercial (6,3%), dada la cola más ancha que presenta su distribución, que la registrada en la cartera de microcrédito (5,3%)¹⁰. Lo anterior podría sugerir que si bien un préstamo para el sector

⁸Para cada año se realizó la prueba de normalidad Jarque-Bera. En la mayoría de los periodos se obtuvo un p-valor superior al 5%, por lo que no se puede rechazar la hipótesis de que los datos siguen una distribución normal. Los resultados se presentan en el anexo A.2.

⁹Para todos los años de la muestra se realizó la prueba de Mann-Whitney para corroborar si existe evidencia estadística de que la pérdida esperada como porcentaje del portafolio es diferente entre las carteras comercial y de microcrédito; los resultados de esta prueba se encuentran en el Anexo A.3

¹⁰En el Anexo A.4 se muestran las estimaciones para todos los años.

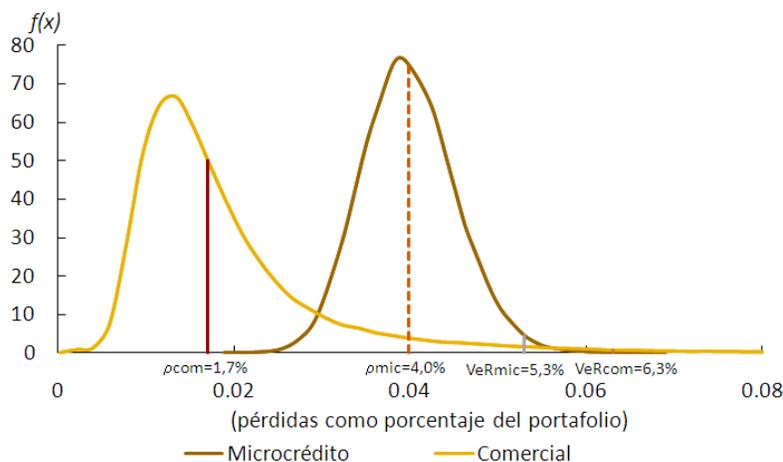
Figura 2: Evolución de la distribución de las pérdidas como porcentaje del portafolio



Fuente:Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

microempresarial necesita constituir más provisiones que las exigidas para uno comercial, también es evidente que podría requerir menos capital regulatorio para cubrir las pérdidas no esperadas.

Figura 3: Distribución de las pérdidas como porcentaje del portafolio para 2009



Fuente:Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Al comparar las pérdidas esperadas y no esperadas para las carteras comercial y microcrédito desde 2004 hasta 2009, se ratifica el resultado mencionado para todos los años (Cuadro 4). En promedio, la pérdida esperada para el microcrédito es del 3,6% del valor del portafolio, mientras que para la comercial es de 1,2%. Por su parte, la pérdida no esperada siempre es mayor para un crédito comercial, en promedio es 6,3%, mientras que para microcrédito es sólo del 1,3%. Adicionalmente, se puede observar que en los años más recientes la pérdida esperada se ha incrementado en ambas carteras, mientras que la no esperada ha disminuido durante el periodo de análisis, a excepción de 2009.

Cuadro 4: Pérdida esperada y no esperada como porcentaje del valor del portafolio

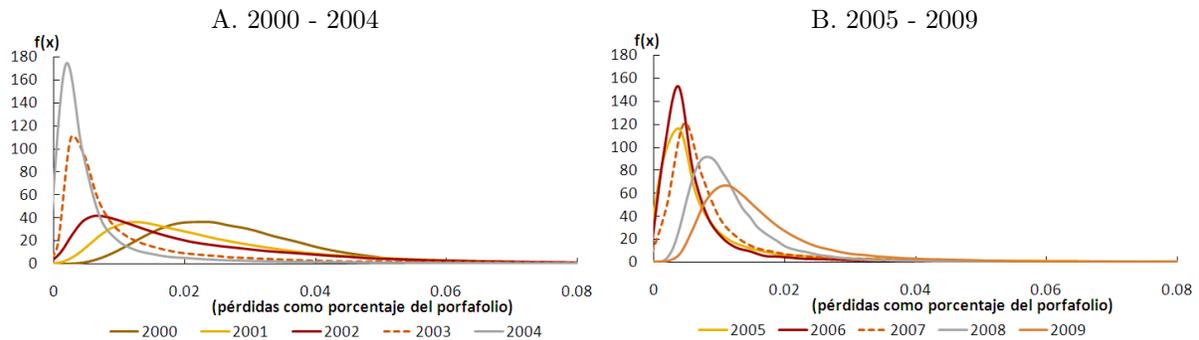
| Año | Microcrédito | | Comercial | |
|----------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | Pérdida esperada | Pérdida no esperada | Pérdida esperada | Pérdida no esperada |
| 2004 | 2,9 | 2,1 | 1,0 | 9,4 |
| 2005 | 3,4 | 1,4 | 1,2 | 8,7 |
| 2006 | 3,4 | 1,1 | 0,8 | 6,6 |
| 2007 | 3,7 | 1,0 | 1,0 | 5,8 |
| 2008 | 4,1 | 1,0 | 1,2 | 3,0 |
| 2009 | 4,0 | 1,3 | 1,7 | 4,6 |
| Promedio | 3,6 | 1,3 | 1,2 | 6,3 |

Fuente: Cálculos de los autores

Para todos los años del período analizado, se aprecia que las reservas (provisiones y capital económico) que habría que constituir, derivadas de las pérdidas esperadas y no esperadas como porcentaje del portafolio, son muy superiores en promedio (en más del 50%) para la cartera comercial que para la cartera de microcrédito.

Si se analiza el comportamiento de la distribución de probabilidad de las pérdidas para la cartera comercial desde el año 2000 (Figura 4), se observa que durante los años de menor crecimiento de la economía, la distribución de probabilidad se traslada a la derecha, es decir, se registran mayores probabilidades de incumplimiento. En particular, los años 2000, 2001 y 2009 son los que presentan un traslado a la derecha mayor en la distribución de pérdidas. Por su parte, los años 2004, 2005 y 2006 son los que presentan mayor concentración de pérdidas pequeñas.

Figura 4: Distribución de pérdidas como porcentaje del portafolio de la cartera comercial

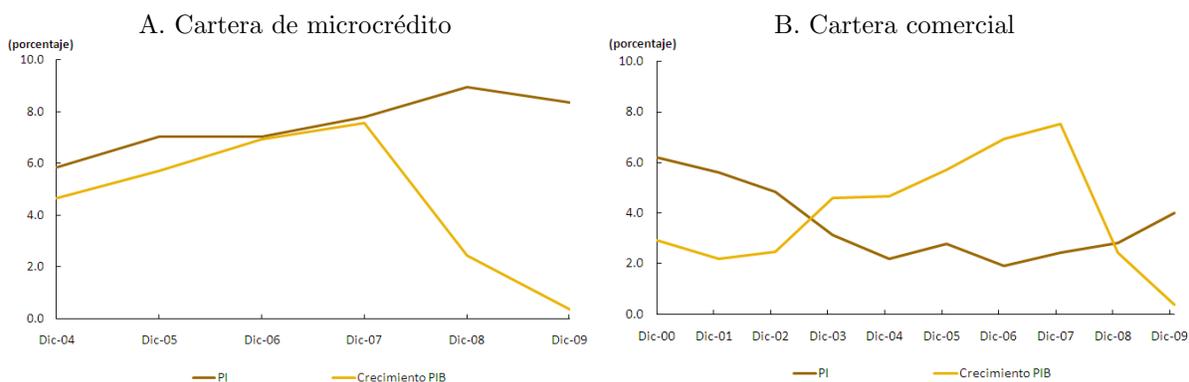


Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

De esta forma, al analizar el comportamiento de la probabilidad de incumplimiento para las dos carteras en los diferentes años, se observa que en la comercial las distribuciones se trasladan a la derecha en los años en que se registraron menores crecimientos de la economía. Esto sugiere, que a medida que haya mayor dinamismo, la probabilidad de incumplimiento de la cartera comercial podría disminuir. Por su parte, para la de microcrédito no se puede apreciar una relación clara entre el crecimiento económico y el riesgo de crédito, a pesar de que sólo se tienen observaciones para una parte del ciclo.

El comportamiento mencionado se obtiene al comparar la probabilidad de incumplimiento promedio de ambas carteras para cada año y el crecimiento de la economía (Figura 5).

Figura 5: Comparación entre la probabilidad de incumplimiento promedio y el crecimiento del PIB



Fuentes:Superintendencia Financiera de Colombia y DANE; cálculos de los autores.

5. Conclusiones

Mediante la metodología de *bootstrapping* se evaluó el comportamiento del riesgo de crédito de los intermediarios financieros en Colombia, a través de una estimación de la distribución de probabilidad de las pérdidas como porcentaje del portafolio. Esta estimación permite realizar una aproximación de los niveles de provisiones y capital económico.

Los resultados muestran diferentes comportamientos para la cartera comercial y de microcréditos, por lo que al compararlos con la regulación actual, si bien el ejercicio sugiere mayores porcentajes de provisiones para microcrédito que para comercial, lo que va en la misma dirección del esquema regulatorio, no sucede lo mismo con el nivel de capital requerido, ya que la regulación exige que este sea el mismo para ambas carteras. Los resultados del ejercicio muestran que el nivel de capital debe ser superior para la cartera comercial. No obstante, es importante aclarar que el ejercicio se realizó teniendo en cuenta la definición de microcrédito de la Superintendencia Financiera de Colombia y no se diferenció entre las entidades que utilizan tecnología microcreditica y las que no.

Por otra parte, se aprecia que la distribución de la probabilidad de incumplimiento en la cartera comercial tiene una relación inversa con el ciclo económico, mientras que la mencionada distribución para la cartera de microcrédito no muestra una relación tan clara; en consecuencia, el riesgo de crédito en esta modalidad podría estar determinado por otros factores diferentes al dinamismo de la economía; por ende, para la incorporación de provisiones contracíclicas se debería tener en cuenta el resultado anterior para la cartera de microcrédito.

Dado que un resultado importante de este trabajo es que el comportamiento de la probabilidad de incumplimiento es diferente para la cartera de microcrédito en relación con la comercial, y además que no depende significativamente del ciclo económico, se abre campo para que en próximos trabajos se pueda analizar cuáles son los principales determinantes del riesgo de crédito de este tipo de cartera, los cuales parecen no coincidir con los de la comercial, teniendo en cuenta información de cada uno de los créditos y sus respectivos deudores.

Adicionalmente, considerando que a la fecha no se ha implementado un sistema de administración de riesgo crediticio (SARC) para el microcrédito, actualmente se evalúa el riesgo de esta cartera siguiendo los lineamientos del SARC propuesto para consumo. Por ende, sería pertinente realizar un ejercicio similar al de este documento, comparando la distribución de probabilidad de pérdidas del microcrédito y del crédito de consumo.

Referencias

- Adasme, O., Majnoni, G. y Uribe, M. (2006), "Acces and Risk: Friends or Foes? Lessons from Chile." *World Bank Working Paper*, No. 4003.
- Asarnow, E. y Edwards, D. (1995), "Measuring loss on defaulted bank loans: A 24-years study." *The Journal of Commercial Lending*, 77, 11-23.
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2004), "International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards." *Banco de pagos internacionales*, Documento de consulta.
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2010), "Actividades de microfinanciación y los principios básicos para una supervisión bancaria eficaz." *Banco de pagos internacionales*, Documento de consulta.
- Carey, M. (2002), "A guide to choosing absolute bank capital requirements." *Journal of Banking and Finance*, 26(5), 929-951
- Gordy, Michael B. (2000), "A comparative anatomy of credit risk models." *Journa of Banking and Finance*, 24(1-2), 119-149.
- Majnoni, G. y Powell, A. (2005), "Reforming Bank Capital Requirements Implications of Basel II for Latin American Countries." *Economía*, Vol. 5.
- Superintendencia Financiera de Colombia, Operaciones activas y pasivas de crédito (1999-2009).
- Perradium, W., Jackson, P. y Sapporta, V. (2002), "Setting minimum capital for internationally active banks." *Journal of Banking and Finance*, 26.
- Reporte de Estabilidad Financiera (2010), *Banco de la República de Colombia*, marzo 2010.

A. Apéndices

A.1. Propiedades estadísticas de las carteras por tipo de entidad

En los siguientes cuadros se presentan las propiedades estadísticas (media, desviación estándar, máximo y capital total) del monto de capital para los créditos en cada periodo de tiempo. Como el valor de capital reportado a la Superintendencia es el saldo vigente de capital de la operación, algunos créditos tienen un valor de cero en este campo pero tienen saldos positivos en intereses y otros. Por tanto, el mínimo del monto de capital de créditos para todas las observaciones es cero y no fue incluido en los cuadros.

La información de la comercial se encuentra en los cuadros 5, 6, 7, 8; mientras que la de microcrédito se muestra en los cuadros 9, 10, 11 y 12.

Cuadro 5: Bancos

| Periodo de análisis | Media ^a | Desviación estándar ^a | Máximo ^a | Capital total ^b |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1999-2000 | 412.191,48 | 2.130.336,50 | 75.823.113,13 | 13.061.111 |
| 2000-2001 | 154.408,52 | 1.293.496,45 | 69.460.071,99 | 14.373.735 |
| 2001-2002 | 233.387,89 | 1.729.910,02 | 111.727.148,44 | 15.042.316 |
| 2002-2003 | 130.877,57 | 1.270.969,01 | 114.779.815,95 | 19.433.879 |
| 2003-2004 | 139.993,32 | 1.277.941,47 | 119.093.819,42 | 24.310.121 |
| 2004-2005 | 139.984,99 | 1.489.374,86 | 130.548.523,21 | 31.134.341 |
| 2005-2006 | 156.064,92 | 1.871.360,67 | 249.927.000,00 | 44.826.370 |
| 2006-2007 | 174.169,85 | 2.142.537,68 | 331.868.600,00 | 58.355.608 |
| 2007-2008 | 178.448,21 | 2.367.255,08 | 431.868.600,00 | 73.219.442 |
| 2008-2009 | 176.810,81 | 2.387.394,96 | 340.000.000,00 | 74.763.920 |

a. Saldos en miles de pesos.

b. Saldos en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Cuadro 6: Corporaciones financieras

| Periodo de análisis | Media ^a | Desviación estándar ^a | Máximo ^a | Capital total ^b |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1999-2000 | 1.800.598,73 | 4.508.199,03 | 74.539.692,67 | 3.291.494,50 |
| 2000-2001 | 1.673.069,62 | 4.430.808,65 | 60.240.871,73 | 3.344.466,20 |
| 2001-2002 | 1.499.044,73 | 3.940.332,23 | 47.333.333,40 | 3.261.921,30 |
| 2002-2003 | 1.171.906,52 | 3.667.131,45 | 48.833.333,40 | 3.305.948,30 |
| 2003-2004 | 1.354.487,22 | 3.871.708,61 | 47.756.631,77 | 3.447.170,00 |
| 2004-2005 | 1.587.099,65 | 2.958.107,02 | 31.986.934,38 | 833.227,31 |
| 2005-2006 | 616.807,51 | 4.998.267,84 | 44.419.517,48 | 48.727,79 |

a. Saldos en miles de pesos.

b. Saldos en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Cuadro 7: Compañías de financiamiento comercial

| Periodo de análisis | Media ^a | Desviación estándar ^a | Máximo ^a | Capital total ^b |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1999-2000 | 234.128,25 | 755.895,52 | 15.500.000,03 | 992.469,67 |
| 2000-2001 | 230.538,39 | 778.346,97 | 18.133.002,73 | 1.194.419,40 |
| 2001-2002 | 243.617,30 | 778.107,98 | 15.742.490,88 | 1.345.498,40 |
| 2002-2003 | 129.583,53 | 597.478,65 | 32.000.000,00 | 2.034.202,20 |
| 2003-2004 | 127.673,94 | 658.168,38 | 32.000.000,00 | 3.569.380,30 |
| 2004-2005 | 127.135,46 | 681.537,38 | 54.190.338,67 | 4.637.266,00 |
| 2005-2006 | 160.464,46 | 860.525,40 | 51.504.151,30 | 7.799.535,70 |
| 2006-2007 | 176.786,70 | 974.407,21 | 70.593.772,46 | 11.372.511,00 |
| 2007-2008 | 173.235,62 | 989.018,08 | 76.921.949,45 | 13.652.700,00 |
| 2008-2009 | 200.308,93 | 1.349.891,89 | 88.094.937,83 | 14.886.359,00 |

a. Saldos en miles de pesos.

b. Saldos en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Cuadro 8: Otras*

| Periodo de análisis | Media ^a | Desviación estándar ^a | Máximo ^a | Capital total ^b |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1999-2000 | 7.050.643,96 | 54.710.404,06 | 734.948.375,53 | 2.770.903,10 |
| 2000-2001 | 2.116.430,68 | 26.860.634,26 | 726.442.810,00 | 2.867.763,60 |
| 2001-2002 | 3.233.533,83 | 35.734.782,61 | 886.408.861,00 | 3.757.366,30 |
| 2002-2003 | 2.428.266,03 | 31.048.327,45 | 847.549.824,00 | 3.173.743,70 |
| 2003-2004 | 2.073.573,59 | 25.168.356,59 | 690.494.365,00 | 2.784.809,30 |
| 2004-2005 | 815.814,13 | 10.302.034,51 | 196.351.551,20 | 1.093.190,90 |
| 2005-2006 | 789.668,14 | 8.032.820,78 | 158.686.981,54 | 1.140.280,80 |
| 2006-2007 | 477.393,34 | 5.435.822,31 | 153.000.000,00 | 758.100,62 |
| 2007-2008 | 420.639,76 | 5.197.607,34 | 153.000.000,00 | 875.771,97 |
| 2008-2009 | 1.058.959,18 | 46.966.024,45 | 2.825.197.000,00 | 3.855.670,40 |

*Las entidades agrupadas en otras corresponden a las entidades cooperativas de carácter financiero, los organismos cooperativos de grado superior y las instituciones oficiales especiales (IOE), entre otras.

a. Saldos en miles de pesos.

b. Saldos en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

En el caso de microcrédito se debe tener en cuenta que según la ley el monto máximo de endeudamiento por operación de microcrédito es de 25 SMMLV y el endeudamiento máximo con el sistema no debe superar los 120 SMMLV. No obstante, cuando se analizan las características estadísticas de los datos se encuentra que el monto máximo es superior a estos toques. Este comportamiento se debe a dos razones:

- Cuando un deudor tiene más de un crédito de la misma modalidad con una entidad, ésta reporta a la Superintendencia Financiera el monto total de todos los préstamos. Por ende, el saldo vigente de la operación reportada puede ser superior a 25 SMMLV.
- Aunque la mayoría de los deudores de la cartera comercial son microempresarios (aproximadamente 99 %), los créditos también están dirigidos a los programas de artesanos

colombianos y al plan nacional de igualdad de oportunidades a la mujer. En estos casos, el monto otorgado puede ser superior a los 120 SMMLV.

No obstante, aún con estas excepciones en los montos otorgados, se encuentra que la media de los créditos y su dispersión son inferiores al de la cartera comercial.

Cuadro 9: Bancos

| Periodo de análisis | Media ^a | Desviación estándar ^a | Máximo ^a | Capital total ^b |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 2003-2004 | 3.000,09 | 9.447,65 | 2.176.250,01 | 334.312,46 |
| 2004-2005 | 3.175,53 | 5.418,22 | 1.001.166,26 | 558.682,86 |
| 2005-2006 | 2.979,83 | 2.772,70 | 835.833,33 | 732.163,23 |
| 2006-2007 | 3.048,58 | 1.973,27 | 40.000,00 | 1.089.944,40 |
| 2007-2008 | 3.404,54 | 2.841,59 | 84.374,05 | 1.367.769,20 |
| 2008-2009 | 3.670,19 | 4.072,45 | 87.307,93 | 2.198.103,60 |

a. Saldos en miles de pesos.

b. Saldos en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Cuadro 10: Compañías de financiamiento comercial

| Periodo de análisis | Media ^a | Desviación estándar ^a | Máximo ^a | Capital total ^b |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 2003-2004 | 1.617,13 | 1.467,23 | 8.950,00 | 40.984,66 |
| 2004-2005 | 1.765,73 | 1.641,39 | 26.037,82 | 50.326,88 |
| 2005-2006 | 1.905,79 | 1.763,25 | 15.989,71 | 61.965,01 |
| 2006-2007 | 1.810,22 | 1.703,94 | 10.800,00 | 72.408,84 |
| 2007-2008 | 2.052,64 | 2.524,27 | 49.994,54 | 87.916,73 |
| 2008-2009 | 3.202,41 | 4.788,96 | 48.990,41 | 117.051,31 |

a. Saldos en miles de pesos.

b. Saldos en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Cuadro 11: Organismos cooperativos de grado superior

| Periodo de análisis | Media ^a | Desviación estándar ^a | Máximo ^a | Capital total ^b |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 2003-2004 | 3.284,87 | 1.377,34 | 6.400,04 | 170,81 |
| 2004-2005 | 2.554,19 | 1.614,30 | 7.592,99 | 176,24 |
| 2005-2006 | 2.996,22 | 2.083,52 | 15.649,85 | 925,83 |
| 2006-2007 | 2.582,55 | 1.908,94 | 21.706,22 | 2.913,12 |
| 2007-2008 | 2.592,96 | 2.852,28 | 41.281,28 | 3.246,38 |
| 2008-2009 | 4.278,73 | 5.821,54 | 43.750,10 | 5.917,48 |

a. Saldos en miles de pesos.

b. Saldos en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

Cuadro 12: Instituciones oficiales especiales (IOE)*

| Periodo de análisis | Media ^a | Desviación estándar ^a | Máximo ^a | Capital total ^b |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 2003-2004 | 2.034,60 | 1.544,24 | 8.547,35 | 923,71 |
| 2004-2005 | 1.924,09 | 1.546,11 | 8.764,23 | 1.556,59 |
| 2005-2006 | 2.113,70 | 1.862,02 | 13.155,78 | 2.210,93 |
| 2006-2007 | 2.652,85 | 2.179,31 | 10.802,40 | 5.918,51 |
| 2007-2008 | 2.997,18 | 2.696,73 | 29.656,52 | 11.395,28 |
| 2008-2009 | 3.710,36 | 3.993,97 | 43.553,18 | 19.297,56 |

* No se incluyen las operaciones de rescuento.

a. Saldos en miles de pesos. b. Saldos en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos de los autores.

A.2. Prueba Jarque-Bera

El objetivo de la prueba Jarque-Bera es probar si una serie de datos tiene una distribución normal. Esto lo realiza a partir de la comparación entre la curtosis y el coeficiente de asimetría de ésta distribución¹¹, con la estimada a partir de la muestra. Los estimadores de la curtosis y la asimetría tienen la siguiente forma:

$$\hat{\mathbf{A}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})^2 \right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\hat{\mathbf{C}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})^2 \right)^2}$$

Se ha demostrado que estos estimadores convergen asintóticamente siguen una distribución normal de la siguiente forma:

$$\hat{\mathbf{A}} \sim \mathbf{N}\left(0, \frac{6}{n}\right)$$

$$\hat{\mathbf{C}} \sim \mathbf{N}\left(3, \frac{24}{n}\right)$$

De esta forma, se construye un estadístico a partir de la suma de los estimadores anteriores estandarizados al cuadrado y esto es lo que se conoce como el estadístico Jarque-Bera. El cual tiene la siguiente forma:

$$\mathbf{JB} = \frac{n}{6} \left(\hat{\mathbf{A}}^2 + \frac{(\hat{\mathbf{C}} - 3)^2}{4} \right)$$

Este estadístico sigue una distribución χ^2 con dos grados de libertad. A medida que el es-

¹¹El coeficiente de asimetría de una distribución normal es 0, mientras que la curtosis es 3.

tadístico tome valores más grandes, mayor diferencia hay entre la curtosis y la asimetría de una distribución normal y los de la muestra y por lo tanto se rechaza la hipótesis de normalidad. Se realizó esta prueba para las series de pérdidas estimadas en cada año para la cartera comercial y de microcrédito; los resultados se presentan en el Cuadro 13.

Cuadro 13: Resultados Prueba Jarque-Bera

| Año | Microcrédito | | Comercial | |
|------|----------------|---------|----------------|---------|
| | Estadístico JB | P-valor | Estadístico JB | P-valor |
| 2004 | 61,1 | 0,000 | 25.928 | 0,000 |
| 2005 | 27,9 | 0,000 | 12.619 | 0,000 |
| 2006 | 2,39 | 0,302 | 63.616 | 0,000 |
| 2007 | 3,05 | 0,217 | 151.560 | 0,000 |
| 2008 | 3,85 | 0,146 | 14.896 | 0,000 |
| 2009 | 16,0 | 0,003 | 30.681 | 0,000 |

Fuente: Cálculos de los autores.

Como se puede observar, para la cartera de microcrédito en la mitad de los años de la muestra no evidencia para rechazar la hipótesis de normalidad a un nivel de significancia del 5%. Por su parte, para la cartera comercial se tiene que en todos los años se rechaza la hipótesis de normalidad para las pérdidas como porcentaje del portafolio.

A.3. Prueba de Mann-Whitney

Con el objetivo de comparar estadísticamente las diferencias en las medias de las distribuciones de probabilidad de las pérdidas como porcentaje del portafolio para las carteras comercial y de microcrédito se realizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. En esta prueba las hipótesis a probar son:

$$\mathbf{H}_0 : f(\mathbf{x}) \equiv f(\mathbf{y})$$

$$\mathbf{H}_1 : f(\mathbf{x}) \neq f(\mathbf{y})$$

El estadístico de prueba es:

$$\mathbf{U} = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \tag{6}$$

donde:

$U \equiv$ es el estadístico de Mann-Whitney.

$n_1 \equiv$ es el tamaño de la muestra 1.

$n_2 \equiv$ es el tamaño de la muestra 2.

$R_1 \equiv$ es la suma de los rangos de la primera muestra.

De esta forma el valor esperado y la varianza del estadístico de prueba son:

$$\mathbf{E}(\mathbf{U}) = \frac{n_1 n_2}{2}$$
$$\mathbf{V}(\mathbf{U}) = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}$$

Si los tamaños de ambas muestras son mayores a 10, U converge a una distribución normal, por lo tanto, se puede construir un estadístico Z de esta manera:

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{U} - \mathbf{E}(\mathbf{U})}{\sqrt{\mathbf{V}(\mathbf{U})}}$$

Esta prueba es comúnmente utilizada debido a que no necesita ningún supuesto distribucional, como si lo necesita la prueba T de comparación de medias. En el cuadro 14 se presentan los resultados de la prueba para cada año. En todos los años se obtiene un p-valor cercano a cero, lo que indica que hay evidencia estadística para decir que las pérdidas esperadas o el valor medio de las pérdidas como porcentaje del portafolio es diferente entre ambas carteras para todos los años.

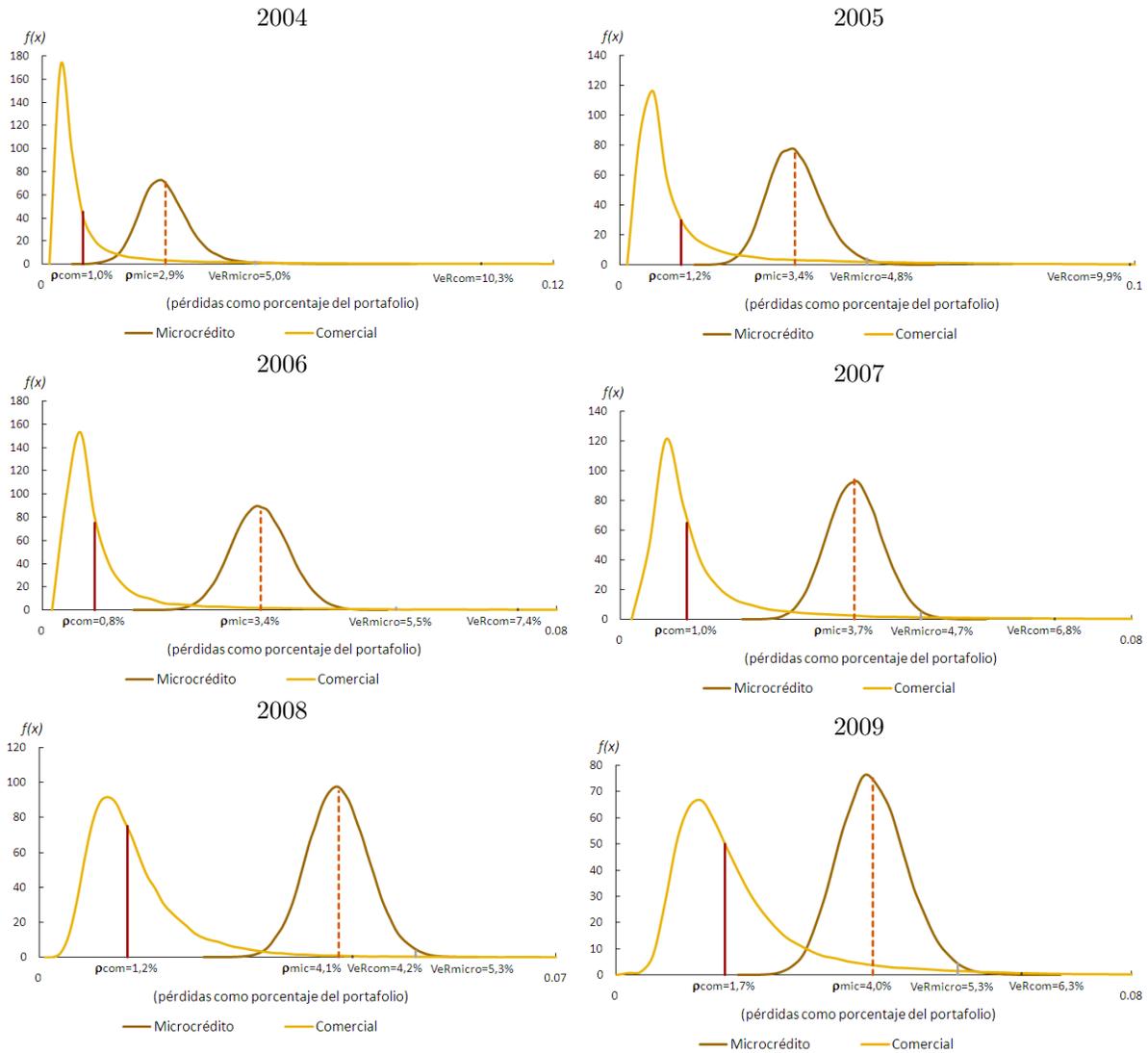
Cuadro 14: Resultados Prueba Mann-Whitney

| Año | Media Estimada (porcentaje) | | Estadístico U | Estadístico Z | P-Valor |
|------|-----------------------------|-----------|---------------|---------------|---------|
| | Microcrédito | Comercial | | | |
| 2004 | 2,90 | 0,97 | 770.168.544 | -327,64 | 0,000 |
| 2005 | 3,40 | 1,20 | 882.424.732 | -318,95 | 0,000 |
| 2006 | 3,39 | 0,82 | 378.817.972 | -357,95 | 0,000 |
| 2007 | 3,39 | 1,05 | 428.975.922 | -354,07 | 0,000 |
| 2008 | 4,06 | 1,20 | 122.700.613 | -377,79 | 0,000 |
| 2009 | 3,98 | 1,70 | 505.229.329 | -348,16 | 0,000 |

A.4. Resultados de las distribuciones de probabilidad de las pérdidas

En este anexo se presentan las distribuciones de probabilidad de las pérdidas de cada una de las carteras, desde 2004 hasta 2009.

Figura 6: Distribución de las pérdidas como porcentaje del portafolio



Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia; cálculos del Banco de la República