

# Medidas de riesgo, características y técnicas de medición

Una aplicación del VaR y el ES a la tasa  
interbancaria de Colombia

LUIS FERNANDO MELO VELANDIA  
ÓSCAR REINALDO BECERRA CAMARGO



MELO VELANDIA, Luis Fernando

Medidas de riesgo, características y técnicas de medición. Una aplicación del VaR y el ES a la tasa interbancaria de Colombia / Luis Fernando Melo Velandia, Óscar Reinaldo Becerra Camargo. Facultad de Administración.— Bogotá: Centro Editorial Rosarista, 2006.

85 p.: cuadros.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN: 958-8225-70-1

Economía / Riesgo (Economía) / Riesgo (Finanzas) / Modelos económicos / Ganancias / I. BECERRA CAMARGO, Óscar Reinaldo / II. Facultad de Administración / III. Título.

338.5 20

**Medidas de riesgo, características y  
técnicas de medición  
Una aplicación del VaR y el ES  
a la tasa interbancaria de Colombia**

LUIS FERNANDO MELO VELANDIA  
ÓSCAR REINALDO BECERRA CAMARGO

© Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario  
© Centro Editorial Universidad del Rosario  
© Luis Fernando Melo Velandia, Óscar Reinaldo Becerra Camargo

ISBN: 958-8225-70-1

Primera edición: enero de 2006  
Impresión: Servigraphic

Centro Editorial Universidad del Rosario  
Calle 13 N° 5-83 Teléfonos: 336 65 82 /83, 243 23 80  
Bogotá, D.C.

E-mail: [cedir@claustro.urosario.edu.co](mailto:cedir@claustro.urosario.edu.co)

Todos los derechos reservados. Esta obra no puede ser reproducida sin el permiso previo por escrito del Centro Editorial Universidad del Rosario

Impreso y hecho en Colombia  
*Printed and made in Colombia*

# CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN   | 11 |
| 1. INTRODUCCIÓN   | 12 |
| 2. MANEJO DE LOS DATOS  | 14 |
| 2.1. La distribución de pérdidas y ganancias                    | 15 |
| 3. MEDIDAS DE RIESGO  | 15 |
| 3.1. La desviación estándar                                     | 15 |
| 3.2. El valor en riesgo (VaR)                                   | 16 |
| 3.2.1. Cálculo del VaR de forma paramétrica                     | 17 |
| 3.2.1.1. Estimación   | 19 |
| 3.2.1.1.1. Volatilidad histórica                                | 20 |
| 3.2.1.1.2. Método de suavizamiento exponencial (RiskMetrics®)   | 20 |
| 3.2.1.1.3. Modelos ARCH y GARCH                                 | 22 |
| 3.2.2. Simulación histórica                                     | 24 |
| 3.2.3. Método de simulación “bootstrap”                         | 25 |
| 3.2.4. Métodos de simulación Monte Carlo                        | 27 |
| 3.2.5. VaR y horizonte temporal                                 | 27 |
| 3.2.6. Características y críticas del VaR                       | 28 |
| 3.3. <i>Expected Shortfall</i>                                  | 29 |
| 4. MEDIDAS DE RIESGO Y TEORÍA DEL VALOR EXTREMO                 | 31 |
| 4.1. Cómo obtener valores extremos                              | 31 |
| 4.2. Modelos de teoría del valor extremo                        | 33 |
| 4.2.1. Distribución de los máximos                              | 33 |
| 4.2.1.1. Otras medidas de riesgo                                | 38 |
| 4.2.2. Distribución de los excesos                              | 40 |
| 4.2.2.1. El problema de la selección del umbral                 | 42 |
| 4.2.2.1.1. Gráfico de la media de los excesos                   | 42 |
| 4.2.2.1.2. El estimador de Hill                                 | 43 |
| 4.2.2.2. Medidas de riesgo en modelos sobre un umbral: VaR y ES | 47 |

*Medidas de riesgo, características y técnicas de medición*

|  |    |
|--|----|
| 4.2.3. Estimación bajo series no <i>i.i.d.</i>   | 49 |
| 4.2.4. <i>Backtesting</i>  | 51 |
| 4.2.4.1. Prueba de proporción de fallas de Kupiec  | 53 |
| 4.2.4.2. Estimador puntual de $p$  | 54 |
| 4.2.4.3. Estimación directa a partir de la distribución binomial                         | 54 |
| 5. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS   | 55 |
| 5.1. La TIB y la política monetaria en Colombia  | 58 |
| 5.2. Pruebas de estabilidad  | 61 |
| 5.3. Cálculo de medidas de riesgo  | 64 |
| 5.3.1. Medidas de riesgo sin modelar dependencia: EVT, simulación histórica y normalidad | 64 |
| 5.3.2. Medidas de riesgo modelando dependencia: ARMA-GARCH, ARMA-GARCH-EVT, RiskMetrics® | 68 |
| 5.4. <i>Backtesting</i>  | 71 |
| 6. VaR Y RIESGO DE TASA DE INTERÉS   | 74 |
| 7. CONCLUSIONES  | 76 |
| BIBLIOGRAFÍA   | 78 |
| ANEXO 1. MODELOS $AR(120)$ - $GARCH(1,1)$ Y $AR(120)$ - $IGARCH(1,1)$                    | 82 |

# FIGURAS

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 1.  | VaR de una variable aleatoria normal estándar   | 17 |
| Figura 2.  | VaR para una variable con distribución normal estándar y una variable con distribución <i>t-student</i> ( $v=5$ )                 | 18 |
| Figura 3.  | Variaciones de la TIB (1995-2004)   | 19 |
| Figura 4.  | Volatilidad histórica para la TIB (1995-2004)   | 21 |
| Figura 5.  | Estimaciones de las volatilidades con el método de suavizamiento exponencial para la TIB  | 22 |
| Figura 6.  | Varianza condicional para un modelo IGARCH (1,1), para la TIB de Colombia (1995-2004)   | 24 |
| Figura 7.  | VaR por simulación histórica  | 25 |
| Figura 8.  | VaR por Bootstrapping ( $B = 50000$ )   | 26 |
| Figura 9.  | VaR y ES  | 30 |
| Figura 10. | Máximos por bloques para la TIB (1995-1996)   | 32 |
| Figura 11. | Máximos a través de POT para la TIB (1995-1996)   | 33 |
| Figura 12. | Funciones de densidad y distribución de las distribuciones de valor extremo. Para las distribuciones Fréchet y Weibull $\alpha=1$ | 36 |
| Figura 13. | Histograma de los máximos mensuales para la TIB   | 39 |
| Figura 14. | Funciones de densidad y distribución de la GPD para $\xi = 0$ , $\xi = -0.5$ y $\xi = 0.5$ , en todos los casos $\beta=1$         | 41 |
| Figura 15. | Gráfico de la media de los excesos para las variaciones de la TIB   | 43 |
| Figura 16. | Gráfico de Hill para la TIB   | 45 |
| Figura 17. | FAC y FACP para los máximos mensuales de la TIB   | 49 |
| Figura 18. | Gráfico de <i>backtesting</i> para las variaciones de la TIB  | 52 |
| Figura 19. | Función de probabilidad para una variable aleatoria binomial $X \sim B(n=490, p=0.05)$  | 55 |
| Figura 20. | Histograma y gráfico Q-Q para las variaciones de la TIB   | 56 |
| Figura 21. | FAC y FACP para las variaciones de la TIB   | 57 |
| Figura 22. | Histograma y gráfico Q-Q para los residuales estandarizados del modelo $AR(120)-GARCH(1,1)$ sobre las variaciones de la TIB       | 58 |
| Figura 23. | TIB y tasas de intervención del Banco de la República   | 58 |
| Figura 24. | TIB   | 62 |
| Figura 25. | Gráfico de media de los excesos y Alt Hill para las variaciones de la TIB. Febrero de 2000-diciembre de 2004                      | 65 |
| Figura 26. | Función de distribución de los excesos para la TIB  | 66 |

*Medidas de riesgo, características y técnicas de medición*

|   |    |
|---|----|
| Figura 27. Estimaciones del VaR y ES por EVT  | 67 |
| Figura 28. Gráfico de la media de los excesos, Alt Hill y distribución de los excesos para los residuales de los modelos $AR(120)$ - $GARCH(1,1)$ y $AR(120)$ - $IGARCH(1,1)$ | 69 |
| Figura 29. Gráficos de <i>backtesting</i>   | 72 |

# TABLAS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabla 1.  | Parámetros estimados de la GEV para la TIB  | 39 |
| Tabla 2.  | Las tres zonas del Comité de Basilea  | 51 |
| Tabla 3.  | Pruebas de estabilidad<br>( $DTIB \sim AR(120)$ , 1994/04/16–2004/12/30)  | 62 |
| Tabla 4a. | VaR y ES por EVT, HS y normalidad   | 67 |
| Tabla 4b. | Parámetros utilizados en la estimación del VaR y ES<br>por normalidad y EVT   | 67 |
| Tabla 5.  | Umbrales y parámetros estimados para las colas<br>de la distribución de los residuales de los modelos<br>$AR(120)$ - $GARCH(1,1)$ y $AR(120)$ - $IGARCH(1,1)$ | 69 |
| Tabla 6.  | VaR y ES por RiskMetrics®, AR-GARCH doble<br>exponencial, EVT-AR-GARCH, AR-IGARCH<br>con normalidad y EVT-AR-IGARCH   | 71 |
| Tabla 7.  | Resultados del <i>backtesting</i> para la cola izquierda  | 73 |
| Tabla 8.  | Resultados del <i>backtesting</i> para la cola derecha  | 74 |



**E**ste texto describe en detalle diversas metodologías que permiten calcular dos medidas utilizadas para cuantificar el riesgo de mercado asociado a un activo financiero: el valor en riesgo, *VaR* y *el Expected Shortfall, ES*. Los métodos analizados se basan en técnicas estadísticas apropiadas para el caso de series financieras, como son los modelos ARIMA, GARCH y modelos basados en la teoría del valor extremo. Estas metodologías se aplican a las variaciones diarias de la tasa interbancaria de Colombia para el periodo comprendido entre 1995 y 2004.

Los conceptos utilizados en este texto suponen que el lector esté familiarizado con algunos elementos básicos de estadística, series de tiempo y finanzas. Se trata, por tanto, de un texto escrito para estudiantes de economía y finanzas de últimos cursos de pregrado, maestría y para profesionales interesados en el tema.

