

**Indicadores de Alerta Temprana de Crisis Cambiarias y Bancarias: el  
Caso Colombiano**

Sergio Arturo Rodríguez Apolinar

Tesis de Grado para optar al título de Magíster en Ciencias Económicas

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Económicas  
Bogotá DC  
2010

**Indicadores de Alerta Temprana de Crisis Cambiarias y Bancarias: el  
Caso Colombiano**

Sergio Arturo Rodríguez Apolinar

Tesis de Grado para optar al título de Magíster en Ciencias Económicas

Director

Munir Jalil Barney, PhD en Economía

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Bogotá DC

2010

## TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos .....	5
1. Introducción .....	6
2. Antecedentes y teoría básica de los EWS .....	10
3. Metodología del Modelo Original: Kaminsky-Lizondo-Reinhart y relacionados.....	14
3.1. Métodos de Datación de Crisis Cambiarias y Bancarias .....	14
3.1.1. Crisis Cambiarias o de Balanza de Pagos (BOP) .....	17
3.1.2. Crisis Bancarias .....	22
3.2. Definición de los indicadores y justificación teórica .....	23
3.3. Cálculo y análisis de efectividad de los umbrales óptimos.....	27
3.4. Una extensión: Índices de Turbulencia corregidos por Correlaciones.....	30
4. Teoría de los Valores Extremos (EVT) y aplicación a los Índices de Turbulencia Cambiaria y Bancaria .....	33
5. Resultados.....	37
5.1. Resultados del Modelo “Original” .....	37
5.1.1. Matrices de Correlaciones .....	37
5.1.2. Fechas de las crisis .....	38
5.1.3. Los umbrales óptimos .....	42
5.1.4. Efectividad del EWS (análisis ex-post) .....	45
5.2. Resultados del Modelo GEV .....	52
5.2.1. Análisis Preliminar de Índices de Turbulencia y Variables Asociadas .....	52
5.2.2. Estimación de Parámetros de la GEV.....	59
5.2.3. Efectividad ex – post del modelo GEV .....	61
5.3. Comparación de los dos modelos.....	71
5.4. Evaluación de la situación actual de la economía colombiana.....	72
6. Conclusiones .....	77
7. Referencias Bibliográficas .....	80
<i>ANEXO: Series Utilizadas en la construcción de los indicadores.</i> .....	82

## **Indicadores de Alerta Temprana de Crisis Cambiarias y Bancarias: el Caso Colombiano**

### **Resumen**

*Este trabajo aplica un Sistema de Alerta Temprana de crisis cambiarias y bancarias para Colombia, siguiendo una versión alternativa de la metodología propuesta por Kaminsky, Lizondo y Reinhart (1998). Las modificaciones hechas a la metodología original son significativas en la medida en que se altera la técnica de datación de las crisis bancarias y cambiarias, la cual es el núcleo de un sistema de alerta temprana. Básicamente, el modelo propuesto toma en cuenta los problemas de colinealidad y no normalidad en los índices de turbulencia cambiaria y bancaria, para de esa manera generar un sistema de alerta temprana más robusto para el caso colombiano.*

**Palabras Clave:** Sistema de Alerta Temprana, Crisis Cambiarias, Crisis Bancarias, Indicadores Macroeconómicos, Teoría de Valores Extremos, Vulnerabilidad Financiera

**Clasificación JEL:** G01, F31, F32, F41, E44, C16, C43

### **Abstract**

*This document makes an application to Colombia of an Early Warning System for currency and banking crises, following an alternate version of the methodology proposed in Kaminsky, Lizondo and Reinhart (1998). The changes done to the methodology are important as the crises dating technique, which is the early warning system's core, is altered. Basically, the proposed model takes into account the collinearity and non-normality problems in the exchange and banking markets pressure indexes in order to generate a more robust early warning system for the Colombian Case.*

**Keywords:** Early Warning System, Currency Crises, Banking Crises, Macroeconomic Indicators, Extreme Value Theory, Financial Vulnerability

**JEL Classification:** G01, F31, F32, F41, E44, C16, C43

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer la colaboración prestada por mi director de tesis y profesor Munir Jalil durante el desarrollo de esta tesis. También quiero dar crédito al profesor Edgar Bejarano Barrera por motivarme en el estudio de los temas y literatura que me llevaron a la idea de generar este trabajo, así como su apoyo incondicional durante buena parte de mi vida académica. Así mismo, quiero reconocer el apoyo del Dr. Enrique Montes Uribe y los integrantes de Sector Externo del Banco de la República en la realización de la idea preliminar y agradecer sus comentarios y sugerencias pertinentes durante mi estadía en esta entidad. A mis padres, hermanos, padrinos y abuela les agradezco profundamente la motivación y apoyo constante a lo largo de los últimos años.

## 1. Introducción

La crisis financiera internacional iniciada en el año 2007 con la crisis subprime en los Estados Unidos ha generado amplios interrogantes acerca de la vulnerabilidad financiera de los mercados emergentes ante el posible riesgo de contagio entre los mercados de capitales, lo cual ya se ha podido ver en ocasiones anteriores. En Colombia, la cuestión gira en torno a la posibilidad de una reversión de los flujos de capitales internacionales que suma al país en una situación comprometedora como la de 1998-1999.

Por otro lado, así como las crisis financieras en unos mercados pueden generar perjuicios en otros, los periodos de auge de economías importantes (como Estados Unidos o China) generan también un exceso de liquidez en el mercado global y un sentimiento de confianza y optimismo generalizado. No obstante, como decía Hyman Minsky en su libro de 1975 (*Jhon Maynard Keynes*): “los periodos de prosperidad contienen la semilla de las recesiones”. Esta “semilla” se evidencia en un comportamiento poco saludable de algunos fundamentales de las economías en los años que preceden a las crisis, lo cual es coherente con el periodo positivo de la economía: crecimiento del endeudamiento público y privado, apreciación de la tasa de cambio, burbujas en los mercados financieros, política monetaria expansiva, innovaciones financieras. No obstante, algunas de estas tendencias se revierten en la antesala de las crisis y se convierten en el combustible de los colapsos financieros.

Por lo tanto, si es posible determinar (sobre una base histórica) cuáles han sido los hechos que caracterizan los meses que anteceden a una

crisis financiera, también es posible generar algún veredicto en cuanto a qué tan vulnerable es una economía. Así mismo, se puede ir más allá hasta el punto de determinar cuáles son las variables que más influyen en el desenvolvimiento de una crisis económica. En este orden de ideas, un Sistema de Alerta Temprana de Crisis (EWS, siglas en inglés), podría ser de utilidad a la hora de generar un diagnóstico aproximado sobre cuál es la situación actual de las economías, como la colombiana, y dar alguna idea acerca de cuáles son los puntos a los que se le debe poner atención

El objetivo principal de este documento es el de calibrar la metodología de construcción de un EWS para crisis cambiarias y bancarias propuesta por Kaminsky, Lizondo y Reinhart (KLR de ahora en adelante)<sup>1</sup> para el caso colombiano. Se harán los siguientes cambios esenciales a la metodología propuesta por KLR: 1) La datación de las crisis cambiarias se hará no sólo a través del procedimiento propuesto por estos tres autores, sino que también se explorarán otros métodos de datación de crisis cambiarias<sup>2</sup>, con el fin de hacer más robusta esta datación; 2) en el caso de las crisis bancarias se ha decidido hacer uso de una datación numérica a diferencia de la datación histórica que se utiliza en el artículo original; 3) se hará una extensión en la que se toman en cuenta las correlaciones entre las variables con las que se construyen los índices de turbulencia, haciendo la corrección correspondiente cuando dichas correlaciones sean significativas; 4) se explorará la hipótesis de normalidad en los índices de turbulencia cambiaria y bancaria así como las variables con las que se construyen, lo cual dará lugar al uso de la Teoría de los Valores Extremos (EVT, iniciales en inglés) para hallar los

---

<sup>1</sup> Se trata de un método desarrollado por Graciela Kaminsky (George Washington University), Carmen Reinhart (University of Maryland) y Saúl Lizondo (Fondo Monetario Internacional) en algunos artículos (Kaminsky, Lizondo y Reinhart, 1998; Kaminsky y Reinhart, 1999, p. ej.) que se citarán a lo largo de este documento.

<sup>2</sup> La datación, como en la paleontología, hace referencia a determinar la ubicación temporal de un elemento o un evento en el pasado. En este caso, la datación corresponde a las fechas exactas de las crisis. Los métodos de datación de crisis cambiarias se describen de manera precisa en Lestano y Jacobs (LJ, 2004).

umbrales críticos de los índices de turbulencia que no siguen una distribución normal. También, para ambos tipos de crisis, y siguiendo una versión más reciente<sup>3</sup> del trabajo de 1999, se incluyen dos indicadores adicionales: el saldo en cuenta corriente y la inversión extranjera directa (pasiva) como porcentajes del PIB. Para incluir posibles efectos de contagio, además del diferencial de tasas de interés propuesto por KLR, se incluirá en el análisis la tasa de crecimiento del Índice de Producción Industrial (IPI) de Estados Unidos.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera: en primer lugar, se hará una breve descripción de los antecedentes históricos y el marco teórico que rodean a los EWS. En la tercera sección se hará una descripción de la construcción del EWS para Colombia, haciendo alusión no sólo a la metodología Kaminsky, Lizondo y Reinhart (KLR), sino también a enfoques relacionados con ésta. En esta sección se asume que los índices de turbulencia siguen las distribuciones estadísticas propuestas por los autores (lo llamaremos modelo Original). En relación al problema de la normalidad de los índices de turbulencia la cuarta sección desarrolla un EWS en el que dichas variables siguen una distribución Generalizada de Valores Extremos (GEV, siglas en inglés). Lo anterior se realiza con el fin de clarificar el origen de los resultados que se interpretan en la siguiente sección. El análisis de resultados que se hará en la quinta sección tiene tres etapas: la primera es la comprobación de la efectividad *ex-post* del EWS en la predicción de episodios de crisis históricos para ambos modelos (Original y con Valores Extremos); luego se comparan los resultados de ambos modelos para ambos tipos de crisis y se elige el enfoque más adecuado para cada uno de ellos para, en una tercera etapa, evaluar los resultados que arroja este sistema de alerta en los últimos 18 meses de la muestra seleccionada de acuerdo al modelo que mayor bondad de ajuste

---

<sup>3</sup> Goldstein, Kaminsky & Reinhart (GKR, 2000).



demuestre. En último lugar, la sexta sección contiene unas conclusiones frente a los resultados y las posibles alternativas que se podrían seguir para complementar el esquema del EWS propuesto.

Una de las principales limitaciones del modelo con respecto a la coyuntura internacional actual es que si bien se incluyen variables del sector externo, dando cuenta de la importancia de las relaciones económicas internacionales en la estabilidad macroeconómica y en la ocurrencia de una crisis, el modelo se enfoca en las condiciones internas que en una economía pueden llegar a configurar un marco crítico. Los efectos de contagio de choques externos casi imprevisibles, así como la naturaleza de estos choques, no está dentro de los alcances del esquema planteado en este trabajo. Constituyen, por lo tanto, una extensión e interesante complemento al trabajo que aquí se ha desarrollado.

Hay que tener en cuenta que los resultados no son indicadores absolutos de ocurrencia de crisis, sólo son señales de que debe ponerse atención al comportamiento de algunas variables del modelo (las que están en alerta) pues presentan comportamientos similares a los de los periodos que antecedieron a las crisis anteriores.

## **2. Antecedentes y teoría básica de los EWS**

**[Krugman (1979); Kaminsky y Reinhart (1999); Eichengreen, Rose y Wyplosz (1995); Frankel y Rose (1996); Sachs, Tornell y Velasco (1996), Zhang (2001)]**

El trabajo de Kaminsky y Reinhart (1999) [KR] es uno de los más conocidos en materia de construcción EWS, dada su efectividad y la sencillez con la que se construye el esquema. A grandes rasgos, la metodología consiste en la datación de unos episodios de crisis cambiarias y crisis bancarias, previa a la construcción de un conjunto de indicadores macroeconómicos y la posterior comparación de su comportamiento normal con el comportamiento en los periodos que anteceden y suceden a las crisis. El resultado es una zona crítica o umbral para cada indicador, el cual es aquel al cual cada variable genera el menor ruido posible. Al sobrepasar este umbral, el indicador estará dando una señal de alerta y entre más sean las variables que lo hagan, mayor será la probabilidad de entrar en crisis en unos cuantos meses, como lo indica la evidencia expuesta por Kaminsky y Reinhart para una muestra de 20 países y 96 episodios de crisis históricas en la última mitad del siglo XX.

El análisis de Kaminsky y Reinhart parte de una tesis: en las economías de mercado emergentes, la fragilidad financiera (promovida por los procesos de liberalización de los mercados de capitales) hace que los fundamentales de la economía tengan un comportamiento perjudicial para la estabilidad macroeconómica, lo cual, si no se sabe controlar, termina configurando un colapso. Esta proposición contradice la literatura tradicional en crisis financieras y cambiarias, puesto que no acude al papel de las profecías autocumplidas en la generación de un

ataque especulativo o en un pánico financiero. En el enfoque de estas dos autoras son los fundamentales los que juegan un papel importantísimo en la configuración de las crisis, debido a que, en las economías que las sufren, estos fundamentales son volátiles y bastante dependientes del comportamiento de la economía mundial.

En un sentido más amplio, la construcción de este tipo de modelos de predicción de crisis, obedece a una necesidad por parte de la academia y de los organismos multilaterales de encontrar un método de prevenir los episodios catastróficos de la economía global en las dos últimas décadas. Entre estos episodios se pueden contar la crisis del peso mexicano en 1994, la crisis financiera de los tigres asiáticos en 1997-1998, la crisis rusa y la crisis brasilera en 1998 y, más recientemente, la crisis argentina de 2000. En todos casos, se ha hallado que las economías presentan un cuadro de síntomas que se puede resumir en unas pocas frases: alto endeudamiento por parte de las firmas y el gobierno, lo cual configura una alta fragilidad ante los flujos de capitales; sobrevaluación de la moneda y desbalances en las políticas fiscal y monetaria, lo cual suele traducirse en déficits gemelos<sup>4</sup>.

Los EWS, entonces, se desarrollan en miras de un análisis esquemático de la arquitectura financiera internacional que se ha venido transformando sustancialmente desde la liberalización de los mercados de capitales y que ha presentado su peor cara en los últimos veinte años.

La respuesta teórica al respecto indica, en primera instancia, que una economía frágil podría generar al menos dos tipos de crisis: una crisis bancaria, asociada a la bancarrota de los bancos comerciales y la incapacidad de cobro del crédito (una disminución en la calidad de sus

---

<sup>4</sup> Roubini, N. y Setser, B. (2004).

activos), y una crisis cambiaria o de balanza de pagos, la cual consiste en una depreciación exagerada bajo tipo de cambio flexible o al colapso del régimen de cambio fijo, que puede ir acompañada de una pérdida irremediable de reservas internacionales por parte del Banco Central. Dado que es casi generalizada la liberalización de los mercados financieros, se espera que haya un estrecho vínculo entre las crisis bancarias y las crisis de balanza de pagos, pues los activos de los bancos están muy ligados al comportamiento del sector externo de la economía en cuestión, en especial a las fluctuaciones de la cotización de la divisa en la que se encuentran denominados activos extranjeros.

Según el enfoque de Kaminsky y Reinhart (1999), entre ambos tipos de crisis tiende a formarse un círculo vicioso de la siguiente manera: cuando el endeudamiento global de la economía ha crecido lo suficiente<sup>5</sup>, los bancos empiezan a enfrentar graves problemas, por la disminución en el cumplimiento de la cartera; los primeros síntomas de una crisis bancaria. La respuesta de los bancos es el racionamiento del crédito a través de altas tasas de interés para los deudores, lo cual genera una crisis de financiamiento de empresas y hogares. El alto apalancamiento financiero de las empresas ante el racionamiento del crédito por parte de los bancos se traduce en una recesión que aumenta aún más el riesgo de los activos del sector bancario. En la mayoría de los episodios de crisis registrados, este deterioro va acompañado por una política de apoyo por parte del Banco Central, proceso en el cual este ente reduce la acumulación y luego el nivel de sus activos en moneda extranjera. La pérdida de reservas internacionales y el desempeño inferior de la economía genera un

---

<sup>5</sup> Generalmente, los booms de crédito están asociados a periodos de auges en la inversión y el consumo, en algunos casos auspiciados por un comportamiento ascendente en la valoración de los activos de la economía. Estos periodos de auge son el motor de una espiral apreciativa de la moneda, lo cual afecta en buena medida al sector exportador e incrementa la demanda por importaciones en el país.

proceso devaluativo en la moneda, en general, acompañado de caídas en las bolsas o en la valoración de mercado de las empresas.

Finalmente, cuando las reservas han caído lo suficiente por el crecimiento del crédito y el deterioro de la economía deprecia hasta su máximo la moneda, la economía cae en una crisis cambiaria. Las altas tasas de interés que se necesitan para defender la moneda de la depreciación hacen que la crisis bancaria se profundice y llegue a su pico. No obstante, las turbulencias bancarias no son más que un detonante para las crisis cambiarias. En realidad, ambos tipos de crisis están precedidos por unos fundamentales 'peligrosos' que aumentan la fragilidad global del sistema y pueden terminar en las crisis ya conocidas. No obstante, la causalidad de las crisis descrita por Kaminsky y Reinhart no aplica para todos los casos y enfoques, por lo que es plausible hallar casos en los que crisis cambiarias preceden la ocurrencia de crisis bancarias.

De todos modos, las causas comunes a ambos tipos de crisis justifica, en la práctica, la construcción de un sistema de indicadores macroeconómicos que deben presentar comportamientos anómalos en la víspera de las crisis y que podrían servir para generar alertas con la anticipación suficiente para prevenir colapsos financieros.

En el presente documento se incluirán inicialmente 21 indicadores macroeconómicos, pero se utilizará una regla de exclusión que dejará únicamente los indicadores pertinentes para cada tipo de crisis, con lo cual se espera generar resultados más confiables<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Para una revisión de las variables utilizadas en diferentes propuestas de la literatura sobre crisis, véase Kaminsky, Lizondo y Reinhart (1998).

### 3. Metodología del Modelo Original: Kaminsky-Lizondo-Reinhart y relacionados

La construcción de un EWS consiste de los siguientes ítems:

- Un método de datación de las crisis bancarias y cambiarias a través de unos indicadores de turbulencia.
- La construcción del sistema de indicadores macroeconómicos que se incluirán en el modelo.
- La obtención del umbral de alerta óptimo a través del cálculo del *noise-to-signal ratio* (NTSR) mínimo, que se logra a través de la confrontación de cada uno de los umbrales posibles con las fechas de las crisis anteriormente determinadas.
- La verificación de la efectividad de estos umbrales al comprobar la capacidad de predicción de los episodios de crisis históricos (es decir, comprobar que con estos umbrales se hubieran podido predecir crisis o periodos de alta turbulencia anteriores).

A continuación se describirá cada uno de estos pasos.

#### **3.1. Métodos de Datación de Crisis Cambiarias y Bancarias.**

El método de datación de crisis depende en principio de la definición misma de crisis, pues de esta manera se puede determinar en qué fecha exacta fue que ésta se dio. El problema con las diferentes alternativas es que no hay un consenso en torno a cuál debe ser la definición correcta de crisis. En el caso de las **crisis cambiarias**, algunos acuden a la definición más simple de una alta depreciación nominal y una gran pérdida de reservas. Otros acuden a otras variables para definir la fecha de una crisis, tales como las tasas de interés. Por lo tanto,

cada metodología crea un índice de turbulencia cambiaria (ITC) diferente y en las fechas de crisis que arrojan tienen tanto coincidencias como discrepancias.

Básicamente, las diferentes metodologías de datación de crisis cambiarias encuentran un umbral para un índice de turbulencia o para ciertas variables, de acuerdo a su definición de crisis. Con este umbral se determina, a lo largo de la muestra, la fecha exacta en que se da la crisis de balanza de pagos (BOP).

En este documento se tomará una solución que conciliará los diferentes métodos de datación para obtener un índice de turbulencia compuesto más robusto. Se hará uso del siguiente método para determinar las fechas en las que ocurrieron crisis cambiarias: En primer lugar, se construirán los seis índices de turbulencia bancaria. También se hará uso de las tres definiciones de crisis adicionales. Con esto se tendrán nueve definiciones de crisis distintas. Las fechas de crisis de BOP definitivas serán aquellas donde 5 o más de las metodologías estén determinando un episodio de crisis. De esta manera se utiliza un método más robusto en la datación de las crisis cambiarias en la medida que no tiene en cuenta una sola definición sino que toma las fechas de crisis comunes a la mayoría de ellas. Los resultados de esta datación para Colombia se describen en la Sección 5.

Las **crisis bancarias** enfrentan un problema de consenso en su definición más marcado. En algunos casos (como Kaminsky y Reinhart (1999)), los autores no se comprometen con un índice numérico de turbulencia, sino que simplemente acuden a los registros históricos de cada país y toman como fechas de las crisis bancarias, las fechas en las que hay un buen número de quiebras bancarias, fusiones, compras o intervención del gobierno para salvaguardar los bancos.

No obstante, se hace la salvedad que, si bien éstas son características propias de las crisis financieras, también se debe tener en cuenta que la crisis empieza mucho antes y termina después de estas quiebras o fusiones bancarias, así que podría no ser un buen indicador de las crisis. Por ejemplo, no siempre un número suficiente de fusiones significa que el sector bancario está en crisis, puede obedecer a cambios estructurales del sistema financiero que a su vez pueden seguir patrones de comportamiento racional (captura de mayores rentabilidades).

Métodos alternativos<sup>7</sup> acuden a métodos numéricos para indicar turbulencias en el sector bancario, utilizando variables como los costos de intervención por parte del gobierno en el sector bancario, el aumento de las tasas de interés, el comportamiento de la cartera de los bancos, la tasa de cambio, cuando un alto porcentaje de los activos no crediticios de los bancos están denominados en moneda extranjera, los depósitos, entre otros.

En este trabajo, se utilizará la versión numérica del índice de turbulencia bancaria utilizando dos de las variables arriba mencionadas: la cartera vencida del sector financiero y los depósitos del público en los bancos y otras entidades financieras.

Luego de determinar las fechas en las que se dieron episodios críticos en el mercado cambiario y en el sector bancario, el siguiente paso en la elaboración del EWS es la construcción de las series para los indicadores de crisis. Las series de datos utilizadas para el cálculo de esos indicadores para Colombia se señalan en la sección 3.2. A continuación una descripción de los métodos de datación de crisis utilizados.

---

<sup>7</sup> Ejemplos de estos métodos son Demirgüç-Kunt y Detragiache (1997) y Dutttagupta y Cashin (2008)



### 3.1.1. Crisis Cambiarias o de Balanza de Pagos (BOP).

Los métodos de datación de crisis cambiarias que se tendrán en cuenta son los siguientes:

- *Eichengreen-Rose-Wyplosz (ERW, 1995,1996)*: Un ataque especulativo o una crisis cambiaria se da en presencia de una gran presión en el mercado cambiario, la cual termina por generar una devaluación considerable o el abandono de un régimen cambiario no flexible. La devaluación puede ser contrarrestada por el Banco Central ya sea por aumentos en la tasa de interés, para atraer capitales al país o desacumulando reservas internacionales. Es por eso que el Índice de Turbulencia Cambiaria (EMPI, siglas en inglés) que estos autores proponen es un promedio ponderado entre la tasa de depreciación nominal, el cambio porcentual en la razón Reservas-M1 y los cambios en la tasa de interés (de los depósitos), todo relativo a sus equivalentes en un país de referencia, que suele ser aquel con una moneda de referencia fuerte. En nuestro caso, como en muchos, este país de referencia será Estados Unidos. Las ponderaciones se harán de tal manera que los tres componentes del promedio tengan la misma volatilidad. El EMPI de ERW se define así:

$$(1) \quad ERW_t = \frac{1}{\sigma_{\Delta e}} \frac{\Delta e_t}{e_t} - \frac{1}{\sigma_{\Delta rm}} \left( \frac{\Delta rm_t}{rm_t} - \frac{\Delta rm_t^*}{rm_t^*} \right) + \frac{1}{\sigma_{\Delta i}} \Delta(i_t - i_t^*)$$

Donde  $e_t$  es la tasa de cambio de la moneda nacional con respecto a la moneda referencia,  $rm_t$  es la razón de reservas internacionales contra el M1 e  $i_t$  es la tasa de interés nominal. Un asterisco denota que la variable pertenece al país de referencia. La letra griega sigma ( $\sigma$ ) representa una desviación estándar y el

subíndice a la variable que corresponde:  $\Delta e$ , del cambio porcentual de la tasa de cambio;  $\Delta m$ , del diferencial entre los cambios porcentuales de las razones reservas-M1;  $\Delta i$ , del cambio en el diferencial de tasas de interés. En la metodología aquí usada se utilizan tanto cambios porcentuales anuales como mensuales, así que se obtiene dos muestras diferentes de EMPI's. La pérdida de reservas durante una crisis cambiaria se observa en la ponderación negativa del término correspondiente.

Hay crisis en la fecha en que el índice ERW sobrepasa un límite superior, dado por un número de desviaciones estándar sobre su media. En otros términos, hay crisis si:

$$(2) \quad ERW_t > \beta \sigma_{ERW} + \mu_{ERW}$$

La letra griega  $\mu$  representa una media muestral que en este caso corresponde a la del índice ERW. El número de desviaciones estándar (dado por  $\beta$ ) depende de la distribución del índice o del tamaño de la desviación estándar con respecto a la media (en 1995, ERW fijan este número en 2 y en 1996 en 1.5).

- *Kaminsky-Lizondo-Reinhart (KLR, 1998; KR, 1999; GKR, 2000)*: El índice que esta metodología propone no incluye lo relativo al país de referencia ni se tienen en cuenta las tasas de interés. Tampoco se utiliza la razón reservas-M1, dejando como únicas variables de interés la tasa de depreciación y el cambio porcentual de las reservas internacionales:

$$(3) \quad KLR_t = \frac{\Delta e_t}{e_t} - \frac{\sigma_{\Delta e}}{\sigma_{\Delta r}} \frac{\Delta r_t}{r_t}$$

La letra  $r$ , denota el nivel de reservas internacionales. Nuevamente la regla de identificación de crisis consiste en que el índice KLR sobrepase un umbral similar al de ERW, con el número de desviaciones estándar variando entre 1 y 3.

En el trabajo de Lestano y Jacobs (2004) [LJ] se propone una versión ampliada de este índice de turbulencia incluyendo un término para la variación de las tasas de interés nominales de la siguiente manera:

$$(4) \quad KLR_t^a = \frac{\Delta e_t}{e_t} - \frac{\sigma_{\Delta e}}{\sigma_{\Delta r}} \frac{\Delta r_t}{r_t} + \frac{\sigma_{\Delta e}}{\sigma_{\Delta i}} \Delta i_t$$

En este caso,  $\sigma_{\Delta i}$  representa la desviación estándar de la variación de las tasas de interés. El umbral para este índice es idéntico al de la versión original. Para ambas versiones de los índices KLR se ha calculado tanto con variaciones porcentuales mensuales como con las anuales.

- *Frankel-Rose (FR, 1996)*: En el análisis de FR se excluyen las reservas internacionales y las tasas de interés como indicadores de ocurrencia de una crisis pues argumentan que el agotamiento de las reservas internacionales o el incremento de las tasas de interés no son instrumentos que utilicen la mayoría de los Bancos Centrales para controlar un ataque especulativo, así que la única variable disponible para la datación de este tipo de crisis es la tasa de cambio nominal. Entonces una fecha de crisis es aquella en la cual, la tasa de depreciación nominal excede el 25% y el cambio en esta tasa de depreciación de un periodo a otro excede el 10%. En otros términos, hay crisis si:

$$(5) \quad \frac{\Delta e_t}{e_t} > 25\%, \text{ y, } \frac{\Delta e_t}{e_t} - \frac{\Delta e_{t-1}}{e_{t-1}} > 10\%$$

En este caso, sólo se utilizan tasas de depreciación anual, siguiendo la metodología de FR.

- *Zhang (Z, 2001)*: En esta metodología de datación se corrigen dos problemas de las metodologías ERW y KLR: el primero, que cuando los ataques especulativos son exitosos los cambios en la política monetaria pueden cancelarse, es decir, si se anticipa un cambio positivo en la tasa de depreciación, esto puede generar una disminución en la tasa de interés y un incremento en las reservas internacionales. El segundo inconveniente, es que la definición de la crisis cambiaria depende de la desviación estándar muestral del índice de turbulencia, la cual puede estar dominada por un solo periodo de alta volatilidad en la muestra. Para corregirlo, Z propone crear un índice de crisis cambiaria en que los umbrales sean móviles y no se necesiten de cambios conjuntos en tasas de cambio, tasas de interés o reservas internacionales. El índice original define una crisis cómo la fecha en la que:

$$(6) \quad \begin{cases} \frac{\Delta e_t}{e_t} > 3\sigma'_{\Delta e,t} + \mu_{\Delta e,t}, \text{ o} \\ \frac{\Delta r_t}{r_t} < -3\sigma'_{\Delta r,t} + \mu_{\Delta r,t} \end{cases}$$

$\sigma'_{\Delta e,t}$  y  $\sigma'_{\Delta r,t}$  son las desviaciones estándar del cambio porcentual anual en la tasa de cambio y en las reservas internacionales, respectivamente, en la submuestra (t-36,t-1), así que las variables deben ser de frecuencia mensual. Las letras  $\mu$  representan la media de esta misma submuestra para cada una de las variables.

En LJ se propone también una versión ampliada de los umbrales de Zhang, incluyendo el cambio en las tasas de interés. Por lo tanto habrá crisis cambiarias en las fechas en las que:

$$(7) \quad \begin{cases} \frac{\Delta e_t}{e_t} > 3\sigma'_{\Delta e,t} + \mu_{\Delta e,t}, 0 \\ \frac{\Delta r_t}{r_t} < -3\sigma'_{\Delta r,t} + \mu_{\Delta r,t}, 0 \\ \Delta i_t > 3\sigma'_{\Delta i,t} + \mu_{\Delta i,t} \end{cases}$$

En la construcción de los diferentes EMPIs y los umbrales de las otras definiciones se utilizaron las siguientes series:

- Tasa de Cambio nominal del peso colombiano contra el dólar estadounidense, Fin de Mes, Mensual desde 1979 (enero).
- Reservas internacionales brutas sin oro del Banco de la República, millones de dólares, mensual desde 1979.
- Reservas internacionales brutas sin oro de la Reserva Federal de Estados Unidos, millones de dólares, mensual desde 1979 (enero).
- M1 de Colombia, millones de pesos, mensual desde 1979 (enero).
- M1 de Estados Unidos, millones de dólares, mensual desde 1979 (enero).
- Tasa de interés nominal de los CDTs colombianos a 90 días para Corporaciones Financieras y Bancos, Promedio mensual desde 1980 (mayo).
- Tasa de interés nominal de los CDs (secondary market) estadounidenses a 3 meses, promedio mensual desde 1979 (enero).

### 3.1.2. Crisis Bancarias.

A nivel teórico la identificación de un episodio de crisis bancaria tiene mayores dificultades que la de una crisis cambiaria. De igual manera, no hay consenso en cuál debe ser el método de datación de este tipo de crisis. En la mayoría de los casos, no se hace uso de índices de turbulencia numéricos sino que se utilizan las fechas en las que hubo varias quiebras, compras y fusiones de bancos. Otros definen una crisis bancaria como el episodio en el que los costos de intervención en el sector financiero por parte del gobierno son lo suficientemente altos. No obstante, estos hechos no suelen ser buenos indicadores de crisis, puesto que cuando ocurren, la crisis de los bancos ha empezado mucho antes: en la mayoría de los episodios de crisis bancarias que han sido datados con este método no numérico, la proporción de la cartera morosa en poder de los bancos ha aumentado vertiginosamente desde unos meses atrás y los depósitos del público han empezado a congelarse o a disminuir creando una situación insostenible para las entidades bancarias que termina finalmente en la quiebra o en la intervención del estado.

Con el fin de predecir con suficiente anticipación una crisis del sector crediticio es adecuada una definición de crisis bancaria en la que se tengan en cuenta los factores que llevan a la quiebra del sector bancario. Se construirá entonces un índice de turbulencia bancaria en el que se ponderen tanto el crecimiento de la cartera vencida como el crecimiento de los depósitos del público<sup>8</sup>:

$$(8) \quad ITB_t = \frac{\Delta cv_t}{cv_t} - \frac{\sigma_{\Delta cv}}{\sigma_{\Delta d}} \frac{\Delta d_t}{d_t}$$

---

<sup>8</sup> Una definición más amplia de crisis bancaria se puede encontrar en Demirgüç-Kunt y Detragiache (1997) y Serrano (2004).

Donde  $cv$  es la cartera vencida del sector financiero (mensual desde junio de 1989) y  $d$  son los depósitos del público en las entidades financieras o pasivos sujetos a encaje (mensual desde enero de 1982)<sup>9</sup>. Un mes de la muestra será considerado de crisis o alta turbulencia bancaria si la cartera vencida crece lo suficiente y los depósitos no crecen, en otras palabras, cuando el ITB sobrepasa un límite superior, es decir si:

$$(9) \quad ITB_t > \gamma\sigma_{ITB} + \mu_{ITB}$$

El número de desviaciones estándar,  $\gamma$ , por encima de la media, depende de la magnitud de esa desviación frente al promedio muestral, es decir, de la distribución del índice.

### **3.2. Definición de los indicadores y justificación teórica.**

- *Sector financiero*
  - *Crecimiento del Multiplicador del M2*: La tasa de crecimiento de la razón entre M2 y la base monetaria. *Crecimiento de Crédito Bruto Doméstico como fracción del PIB. Crecimiento de la Razón M2/Reservas Internacionales*. En los periodos que anteceden a las crisis, el Banco Central lleva a cabo políticas expansivas que incrementan la liquidez de la economía y por lo tanto el apalancamiento financiero de la misma. Las políticas monetarias laxas van, en la mayoría de los casos, de la mano con ventas de activos externos por parte del Banco Central (monetización de las reservas).
  - *Tasa de interés real, Diferencial entre la tasa de interés de los préstamos y la de los depósitos*. Una crisis financiera siempre está

---

<sup>9</sup> En realidad, por las variables utilizadas en la construcción de este índice de turbulencia bancaria, la definición de crisis no sólo abarcaría los bancos comerciales sino también otras entidades crediticias del sector financiero.

asociada a altas tasas de interés, como parte del racionamiento de crédito de los bancos. Si hay una diferencia alta entre tasas de interés de préstamo y tasas de interés de depósitos, es una muestra del mayor riesgo de la cartera de los bancos y el esfuerzo de éstos por atraer deudores más responsables. Las crisis bancarias y cambiarias también vienen acompañadas por altas tasas de interés pues reflejan mucho temor por la depreciación o mayores premios al riesgo, y es uno de los instrumentos del Banco Central en el control de un ataque especulativo.

- *Crecimiento de la razón entre M2 y Reservas.* Mide la cantidad de los pasivos del Banco Central que puede respaldar con activos externos, en caso de que haya un pánico por una posible crisis cambiaria que lleve a los agentes a comprar reservas internacionales al Banco Central. Las políticas monetarias laxas van, en la mayoría de los casos, de la mano con ventas de activos externos por parte del Banco Central (monetización de las reservas).
- *Crecimiento de los depósitos del público en entidades financieras.* En los periodos de alta turbulencia financiera, cuando los bancos experimentan un deterioro en la calidad de sus activos es común que la confianza en estas entidades también sufra un detrimento. Es por eso que uno de los indicadores de malestar bancario es la pérdida de depósitos, que puede evidenciarse en retiros masivos.
- *Crecimiento de la razón Cartera Vencida/Cartera Bruta y Crecimiento de la Cartera Vencida en entidades financieras.* En la víspera de las crisis tanto financieras como cambiarias hay una desaceleración evidente de la actividad económica. Lo anterior reduce la capacidad de las empresas y hogares para pagar los créditos adquiridos. Esto se traduce en un aumento de la cartera



morosa en poder de los bancos y en algunos, este tipo de activos puede crecer aún por encima de lo que crecen los activos totales del sector bancario.

- *Sector Externo.*
  - *Crecimiento de las exportaciones totales.* Exportaciones totales a precios FOB. *Crecimiento de los términos de intercambio.* Precios FOB de exportaciones dividido por precios FOB de importaciones. *Desviaciones de la tasa de cambio real.* Desviación puntual del índice de tasa de cambio real con respecto a su tendencia. Un shock negativo para cualquiera de estas variables (que implica una sobreapreciación de la moneda) debilita el sector externo, lo cual es una constante en las crisis cambiarias. La pérdida de competitividad que representan estos shocks negativos se asocia generalmente a un mayor riesgo de los préstamos que financian las actividades de exportación y que a su vez sostienen otros proyectos. Esto aumenta la probabilidad de crisis bancarias.
  - *Crecimiento de las importaciones.* Importaciones precios CIF. La sobreapreciación de la moneda generalmente viene junto con un crecimiento acelerado de las importaciones.
  - *Crecimiento de las reservas internacionales.* Un decrecimiento exagerado del nivel de reservas significa que cada vez el Banco Central va a poder defender menos la moneda de una crisis cambiaria. Como ya se dijo.
  - *Diferenciales de tasas de interés.* Tasa de interés real doméstica menos tasa de interés real estadounidense. Altos diferenciales implican altas tasas de interés domésticas (véase el racionamiento arriba) frente a un país de referencia, por lo general el principal socio comercial o mayor fuente de inversión

extranjera. Diferenciales altos a favor de la economía nacional pueden explicar la sobrevaluación de la moneda.

- *Saldo en Cuenta Corriente como porcentaje del PIB.* Como consecuencia del comportamiento de las exportaciones y las importaciones, se debe esperar que haya un empeoramiento de la cuenta corriente en los periodos que preceden a las crisis.
  
- *Inversión Extranjera Directa como porcentaje del PIB.* Debido al aumento del riesgo país, ya sea por la pérdida de solidez por parte de los bancos o el fin de una burbuja de precios de activos, se espera que en la víspera de las crisis haya una reversión de las entradas de capitales en especial de las inversiones de largo plazo. Esta reversión puede ser muestra de un cambio en la percepción en el mercado internacional acerca de la economía en cuestión.
  
- *Índice de Producción Industrial de Estados Unidos.* Tasa de Crecimiento anual. Como socio comercial principal de Colombia, el desempeño del sector externo nacional depende en buena parte de la actividad económica de Estados Unidos. Cuando la economía norteamericana goza de auges y poder adquisitivo creciente, las exportaciones hacia ese país se incrementan, pero, en el caso contrario, una contracción productiva en ese país puede contribuir a un retroceso en el comportamiento del sector externo. Es una manera de detectar contagio en la ocurrencia de las crisis.
  
- *Sector Real. Crecimiento de la producción manufacturera (real a precios de 1994) y crecimiento de precios de activos.* Tanto recesiones como el estallido de las burbujas son señales de una mayor vulnerabilidad del mercado interno. La crisis de

financiamiento que se nombraba anteriormente es una de las principales causas de la desaceleración en el sector real, la cual puede generar una menor valoración de las empresas involucradas.

*Sector Fiscal. Déficit primario como porcentaje del PIB.* La mayor parte del endeudamiento global de la economía se debe al sector público, por lo que se evidencian mayores déficits fiscales. Además, para contrarrestar los efectos nocivos de la recesión, los gobiernos pueden acudir a políticas fiscales expansivas por encima de sus ingresos tributarios (que pueden estar reducidos por la recesión).

### **3.3. Cálculo y análisis de efectividad de los umbrales óptimos.**

Para hallar los umbrales críticos de cada uno de los indicadores construidos se requiere confrontar las fechas de las crisis determinadas con las series de esos indicadores probando cada uno de los umbrales posibles hasta hallar el umbral para el cual la generación de ruido (falsas alarmas) relativa es la menor posible.

Con el método de datación de crisis utilizado se crea una variable dicotómica que va a representar la ocurrencia de crisis anteriores<sup>10</sup>:

$$(10) \quad Crisis_t = \begin{cases} 1 & \text{si hay crisis en } t \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Esta variable aplica tanto para las crisis cambiarias como para las crisis bancarias.

---

<sup>10</sup> Las variables usadas para la construcción de los indicadores son de frecuencia mensual y trimestral, así que  $t$  puede representar un mes o un trimestre determinado del periodo de estudio.

En segundo lugar, se debe crear una distribución en percentiles de cada uno de los indicadores. Estos percentiles dan todos los umbrales candidatos a ser el óptimo. Sin embargo, sólo se analizará un 25% de la distribución cuya localización en la distribución irá de acuerdo a la teoría planteada en el Anexo I, dejando libres el 5% inferior y superior de las colas. Por ejemplo, en el caso del crecimiento del multiplicador del M2, se analizará la cola superior de la distribución sin contar el 5% superior, es decir, se analizarán los umbrales que se encuentren entre los percentiles 70% y 95%. En cambio, en la búsqueda del umbral óptimo para el crecimiento de las reservas internacionales se probarán los posibles umbrales entre los percentiles 5% y 30%.

Una vez identificada el área de la distribución de cada indicador que se analizará se procede a calcular la *noise-to-signal ratio* (NTSR) o razón ruido-signal para cada uno de los umbrales posibles. Para saber que es esta razón, hay que hacer un par de definiciones:

*Señal:* Se dice que un indicador emite una señal para un umbral determinado cuando sobrepasa dicho valor. Esta señal puede ser o una señal acertada (es decir, precede la ocurrencia de una crisis en un periodo dado) o ser una falsa alarma o ruido.

*Periodo de influencia de una señal:* es el periodo de tiempo en el cual, una señal tiene la posibilidad de ser una señal acertada o ser ruido. Siguiendo a Kaminsky y Reinhart (1999), en el caso de las crisis cambiarias, si en los 24 meses siguientes a la emisión de una señal se dio la ocurrencia de una crisis, esa señal es catalogada como acertada. En cambio, una señal acertada en el caso de crisis bancaria es aquella que va precedida por una crisis en los 12 meses anteriores a la emisión de dicha alarma o que va seguida de un episodio crítico en los 12 meses siguientes. También es un intervalo de 24 meses, pero en ese caso

la señal acertada va en el medio de él y no antes como en el caso de una crisis BOP.

Para la definición de la NTSR haremos uso del siguiente diagrama (que aplica para cada uno de los umbrales posibles):

	Crisis	No Crisis
Señal	A	B
No señal	C	D

A= Número de señales acertadas

B= Número de señales ruido

C= Número de veces que el indicador no emitió una alarma pero sí hubo crisis

D= Número de veces que no se emitieron señales y no hubo crisis

Entonces, A y D son aciertos del indicador para un umbral determinado y C y B son las fallas del mismo. La NTSR se define de la siguiente manera:

$$(11) \quad NTSR_j = \frac{B_j / (B_j + D_j)}{A_j / (A_j + C_j)}$$

Donde  $j$  es cada uno de los posibles umbrales entre los cuales estará el óptimo que debe minimizar en la muestra la NTSR. La NTSR es entonces una razón de las falsas alarmas como proporción de todas las posibles malas señales (cuando no hay crisis) relativas al número de señales acertadas como proporción de todas las posibles buenas señales (cuando sí hay crisis).

Con el fin de hacer consistente la elección del umbral óptimo con un sistema de alerta temprana de crisis se utilizarán, para cada tipo de

crisis, las variables para las cuales la NTSR mínima sea un valor en el intervalo (0,1). Es decir, no se incluirán dentro de los análisis variables que presenten una proporción de ruido mayor a la de las señales acertadas, ni tampoco aquellas para las que la NTSR sea cero, pues no se puede comparar la virtud del umbral óptimo sólo en términos de la generación de señales acertadas.

Una vez hallados los umbrales óptimos para cada uno de los indicadores se puede probar la efectividad de los mismos, es decir, verificar que, para las crisis del pasado, la cantidad de indicadores que estaban dando alerta en la víspera de esas crisis sea lo suficientemente grande.

Para las crisis cambiarias, siguiendo a Kaminsky y Reinhart (1999) se determinará si un buen número de indicadores estaban generando señales de alarma en los 24 meses anteriores al mes de la crisis o al mes inicial en caso de que la crisis durara un número determinado de meses consecutivos. En el caso de las crisis bancarias se verificará lo mismo para un periodo de 18 meses antes del episodio crítico. La efectividad del sistema de alerta temprana también se probará en términos de la anticipación (número de meses) con la que cada indicador lanzó una señal de alarma.

### **3.4. Una extensión: Índices de Turbulencia corregidos por Correlaciones**

Dos de los supuestos más fuertes por parte de la literatura anterior en la construcción de índices de turbulencia cambiaria y bancarias son los supuestos de *normalidad* y el de *no colinealidad*. El primero, sirve para justificar la ubicación del umbral crítico de los índices en dos o tres desviaciones estándar sobre el promedio de la serie. En este trabajo,

este umbral se ha hallado usado un método de tanteo entre los posibles números de desviaciones estándar y las fechas históricas de crisis, dadas por la literatura anterior. Sin embargo, Lestano y Jacobs (2003) sugieren el uso de la *Teoría de Valores Extremos* para hallar dichos valores críticos. Este aspecto será explorado en la siguiente sección.

Por otro lado, el supuesto de no colinealidad se usa para dar a las variables únicamente ponderaciones de acuerdo a su nivel de volatilidad (varianza no condicional), tal como lo introdujeron Eichengreen et al (1995). No obstante, en algunos casos es posible hallar correlaciones significativas entre las variables con las que se construyen los índices de turbulencia, lo cual podría resultar en dataciones erróneas de las crisis y por lo tanto en un problema de predicción en el modelo.

Cuando existen correlaciones significativas entre las variables, entonces, se debe ponderar cada una de ellas, no sólo por su volatilidad sino también por su nivel de correlación con las demás variables, con el fin de evitar sesgos de identificación. En Clements et al (2005), cuando existen correlaciones significativas entre las variables y las varianzas de las variables no son similares, se debe construir para cada variable  $i$  la siguiente ponderación:

$$(12) \quad w_i = \frac{\gamma_{ii}^{-1} - \lambda_{.i}^*}{\sum_{j=1}^n (\gamma_{jj}^{-1} - \lambda_{.j}^*)}$$

Donde  $\gamma$  representa la varianza de la variable correspondiente ( $ij$  correspondería a una covarianza entre  $i$  y  $j$ ) y  $\lambda_{.i}^*$  es la suma de la columna  $i$  de la matriz en la que los elementos de la diagonal son cero y los elementos fuera de la diagonal son una medida de la interdependencia de las variables. El elemento  $ij$  de esta matriz fuera de la diagonal es:

$$(13) \quad \lambda_{ij}^* = \frac{\gamma_{ij}}{\gamma_{ii}\gamma_{jj}}, i \neq j$$

De esta manera, el nuevo índice de turbulencia para cada momento  $t$  será:

$$(14) \quad IT_t = \sum_{i=1}^n w_i x_{it}$$

Donde  $x$  es cada una de las variables usadas en el índice de turbulencia. Una vez hecho este paso, se retoma la metodología original para seguir con el resto del modelo.



## **4. Teoría de los Valores Extremos (EVT) y aplicación a los Índices de Turbulencia Cambiaria y Bancaria<sup>11</sup>**

En estadística un valor extremo corresponde a la más baja (mínima) o más alta observación (máxima) durante un período de tiempo. La EVT pretende ajustar una distribución de valores extremos de forma independiente a los valores centrales de la distribución. Este resultado es fundamental y diferente del caso tradicional donde se utiliza toda la distribución, lo cual puede sesgar los valores estimados en la medida en que los valores de las colas pueden tener una estructura totalmente diferente a los del resto de la distribución. Los eventos extremos son por definición raros y se presentan en las colas de las distribuciones. Esto implica que se cuenta con muy pocos datos y, por lo tanto, las densidades empíricas no son adecuadas. Contar con una forma funcional de la distribución de los extremos es de gran utilidad para poder hacer análisis de sensibilidad con escenarios críticos (como una crisis financiera).

Hay dos clases de distribuciones para ajustar valores extremos: GEV y GPD (Generalized Extreme Value y Generalized Pareto Distribution, respectivamente, sus siglas en inglés). Cada distribución tiene un método propio para extraer los valores extremos. Por la sencillez de estimación y de hacer inferencia, el análisis se centrará en la búsqueda de una GEV para los datos de las series de interés.

---

<sup>11</sup> En esta sección seguiré a Guerrero (2008), Tsay (2002) y Gençay, Selçuk y Ulugülyagcı (2002) [GSU] para establecer los elementos básicos en una estimación de una distribución de valores extremos.

## Distribución Generalizada de Valores Extremos (GEV)

Los modelos clásicos EVT se ocupan de los límites de las distribuciones que normalizan máximos (y mínimos) de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (i.i.d). Este método se conoce con el nombre *Block Maxima* porque los datos son divididos en  $m$  bloques con tamaño  $n$ . Los valores extremos son definidos como los máximos de las  $n$  variables aleatorias  $X_1, X_2, \dots, X_n$  y siendo  $M_n = \max(X_1, X_2, \dots, X_n)$  el máximo de los  $n$ .

La EVT busca ajustar una distribución límite para  $M_n = \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$  que converja a una distribución normalizada cuando  $n \rightarrow \infty$ . Esta convergencia significa que existe una secuencia de constantes reales  $(d_n)$  y  $(c_n)$  tales que:

$$(15) \quad \lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\left(\frac{M_n - d_n}{c_n}\right) \leq x\right) = \lim_{n \rightarrow \infty} F^n(c_n x + d_n) = H(x)$$

La única distribución normalizada corresponde la familia de GEV. La función de distribución límite para GEV es la siguiente:

$$(16) \quad H_k(x) = \begin{cases} \exp(-1 + kx)^{\frac{1}{k}}, & \text{si } k \neq 0 \\ \exp(-\exp(-x)), & \text{si } k = 0 \end{cases}$$

A través de la estimación se puede hallar una distribución en base a tres parámetros (forma, escala y localización) que tiene la forma genérica de  $H_{k,\sigma,\mu}(x) = H_k\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$ . Entre los parámetros,  $k$  es el parámetro de la forma de la distribución;  $\sigma > 0$ , el parámetro de escala, el cual se puede tomar como la desviación estándar, y  $\mu$  es el parámetro de localización, similar al promedio de una distribución convencional. Esta

distribución es generalizada en el sentido que subsume tres tipos de distribuciones dependiendo el valor del parámetro  $k$ . Cuando  $k > 0$ , la distribución es Frechet; cuando  $k = 0$  la distribución es Gumbell; y cuando  $k < 0$  la distribución es Weibull. La cola de la distribución Weibull es finita mientras que para las distribuciones Gumbell y Frechet son infinitas. La distribución Gumbell declina exponencialmente mientras la Frechet sigue una función de potencia y por tanto declina más lentamente.

La familia Frechet incluye las distribuciones de colas más pesadas como Pareto y t-Student, siendo por ello la distribución de mayor interés en finanzas en el área de gestión del riesgo. Las distribuciones con colas livianas como la normal o log normal son recogidas por la familia Gumbell. Finalmente, la familia Weibull al tener cola finita es de menor interés aunque en los modelos de riesgo de crédito tiene aplicaciones. No obstante, viéndolo desde otro ámbito (crisis de corte macroeconómico), este tipo de excepciones puede ser interesante

La distribución GEV puede ser estimada a través de métodos paramétricos y no paramétricos. Como método no paramétrico se encuentra el estimador de Hill; sin embargo, este solo es válido si tenemos una distribución con colas pesadas (Distribución Frechet). La distribución GEV puede ser ajustada mediante máxima verosimilitud resolviendo el siguiente problema:

$$\begin{aligned}
 \max_{k, \sigma, \mu} l(k, \sigma, \mu, M_{n1}, \dots, M_{nm}) &= \sum_{i=1}^m \ln h_{k, \sigma, \mu}(M_{ni}) \\
 (17) \quad &= -m \ln \sigma - \left(1 + \frac{1}{k}\right) \sum_{i=1}^m \ln \left(1 + k \frac{M_{ni} - \mu}{\sigma}\right) - \sum_{i=1}^m \ln \left(1 + k \frac{M_{ni} - \mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{k}} \\
 &\text{s.a. } \sigma > 0, \left(1 + k \frac{M_{ni} - \mu}{\sigma}\right) > 0
 \end{aligned}$$

La determinación entre  $m$  y  $n$  (número y tamaño de los bloques) implica un trade-off. Definir un alto  $n$  permite una mejor y adecuada

aproximación de Block Maxima a una distribución GEV y menor sesgamiento en la estimación de los parámetros. Definir un alto  $m$  proporciona más datos para la estimación a través de máxima verosimilitud con menor varianza de los parámetros estimados.

Los percentiles,  $x(p^*)$ , que se pueden usar para el cálculo de los umbrales críticos se pueden calcular a partir de los parámetros estimados de la siguiente manera, variando la ubicación del percentil ( $p^*$ ):

$$(18) \quad x(p^*) = \begin{cases} \mu \pm \frac{\sigma}{k} \left\{ \ln(1 - p^*)^k \right\}, & \text{si } k \neq 0 \\ \mu \pm \sigma \left\{ -\ln(1 - p^*) \right\}, & \text{si } k = 0 \end{cases}$$

## 5. Resultados

### 5.1. Resultados del Modelo “Original”

#### 5.1.1. Matrices de Correlaciones

El primer paso consiste en la comprobación de que existen correlaciones significativas entre las variables con las que se construyeron los diferentes índices de turbulencia. Para ello, se construyeron las distintas matrices de correlaciones. El Cuadro 1 nos muestra los coeficientes de correlación muestrales.

#### Cuadro 1. Matrices de Correlaciones

ERW (Monthly)

	Crec TC (monthly)	Dif Crec Res-M1 (monthly)	Var Dif T. Interés (monthly)
Crec TC (monthly)	1	0.302232772	-0.080212915
Dif Crec Res-M1 (monthly)	0.302232772	1	-0.08673962
Var Dif T. Interés (monthly)	-0.080212915	-0.08673962	1

ERW (Annual)

	Crec TC (annual)	Dif Crec Res-M1 (annual)	Var Dif T. Interés (annual)
Crec TC (annual)	1	0.176410247	-0.022993612
Dif Crec Res-M1 (annual)	0.176410247	1	-0.057991304
Var Dif T. Interés (annual)	-0.022993612	-0.057991304	1

KLR (Original - Monthly)

	Crec TC (monthly)	Crec RI (monthly)
Crec TC (monthly)	1	-0.028311669
Crec RI (monthly)	-0.028311669	1

KLR (Original - Annual)

	Crec TC (Annual)	Crec RI (Annual)
Crec TC (Annual)	1	-0.077246636
Crec RI (Annual)	-0.077246636	1

**KLR (Extended - Monthly)**

	Crec TC (monthly)	Crec RI (monthly)	Var T. Int (monthly)
Crec TC (monthly)	1	-0.067913417	-0.05781424
Crec RI (monthly)	-0.067913417	1	-0.124185649
Var T. Int (monthly)	-0.05781424	-0.124185649	1

**KLR (Extended - Annual)**

	Crec TC (Annual)	Crec RI (Annual)	Var T. Int (Annual)
Crec TC (Annual)	1	-0.06495591	-0.08268738
Crec RI (Annual)	-0.06495591	1	-0.151817623
Var T. Int (Annual)	-0.08268738	-0.151817623	1

**ITB (Annual)**

	Crec CartVen	Crec Depos
Crec CartVen	1	<b>0.369174839</b>
Crec Depos	<b>0.369174839</b>	1

En estos resultados, los seis primeros corresponden a índices de turbulencia cambiaria e *ITB* corresponde al índice de turbulencia bancaria:

*TC* = tasa de cambio nominal

*RI* = reservas internacionales

*T. Int* = tasa de interés nominal

*CartVen* = cartera vencida del sistema financiero

*Depos* = Depósitos del público en el sistema financiero

La única correlación con una magnitud medianamente significativa es la que existe entre la cartera vencida y los depósitos del público, así que efectuaremos la corrección correspondiente sobre el índice de turbulencia bancaria utilizando la propuesta de Clements et al (2005).

**5.1.2. Fechas de las crisis.**

Para las *crisis cambiarias* se construyeron los seis índices de turbulencia cambiaria y se definieron los nueve criterios diferentes para la

identificación de los episodios críticos. En los casos correspondientes se eligió un número de desviaciones estándar por encima o por debajo de la media para encontrar el valor crítico sobre o bajo el cual se podía definir una crisis (la constante  $\beta$ ), de acuerdo a lo planteado en ERW, KLR y Z. Por ejemplo, en el caso de ERW se determinó que eran episodios de crisis aquellos en los que el índice de turbulencia cambiaria sobrepasara en 1.5 desviaciones estándar a su promedio muestral<sup>12</sup>. Se eligieron como fechas de crisis aquellas donde 5 o más de estos criterios señalaran un colapso cambiario. En el caso de las *crisis bancarias* el umbral crítico para el ITB se ajustó en 1.5 desviaciones estándar por encima de la media muestral.

En el Cuadro 1 se enumeran las fechas de crisis determinadas.

### **Cuadro 2. Fechas de Crisis<sup>13</sup>**

<b>Fechas Crisis Cambiarias</b>	<b>Fechas Crisis Bancarias</b>
Jul - Ago 1999	Jun - Ago 1999
	Feb-Ago 2000
	Ene 2001

Siguiendo la metodología original en la construcción de los valores críticos para los índices de turbulencia y definiciones de crisis de la literatura, se identifica el episodio de crisis registrado de finales de la década de los noventa (específicamente el año 1999), el cual se dio después de un boom de demanda impulsado por las crecientes entradas de capital extranjero al país debido a la apertura del sector financiero. El endeudamiento volvió a niveles récord en el periodo de 1992 a 1997. En este último año, la crisis de los tigres asiáticos y la

<sup>12</sup> Para ERW este número es igual a 1.5; para KLR y Z es de 3.0

<sup>13</sup> En el caso de las crisis bancarias una de las que son reconocidas históricamente es la que se da en la primera mitad de la década de los 80 junto a una crisis cambiaria también registrada. No obstante, en este trabajo no se toma en cuenta pues no era posible construir un índice de turbulencia bancaria para ese periodo de tiempo, pues las cifras de cartera vencida sólo están disponibles con frecuencia mensual desde 1989.

posterior crisis rusa generarían una reversión en los flujos de capitales que entraban al país, lo que dejó un saldo negativo en el sector exportador y dejó a la economía en estado de iliquidez.

La reversión de los flujos de capitales y la debilidad de la economía propiciaron un ataque especulativo en contra del peso colombiano el cual presionó el techo de la banda cambiaria por un buen tiempo, lo que llevó a unos cuantos ajustes del límite superior de la banda con el fin de defender el régimen cambiario en los años 1998 y 1999 hasta el punto en el que el gobierno tuvo que abandonar las bandas y dejar flotar libremente la moneda en septiembre de 1999, lo cual concuerda con la crisis cambiaria de Julio – Agosto de 1999. Al mismo tiempo, las reservas internacionales, que se venían acumulando a una buena tasa hasta noviembre de 1997, luego empezaron a caer lentamente hasta llegar a una tasa de reducción anual del 14.5% en septiembre de 1998.

En la otra cara del asunto, el problema de baja liquidez de la economía se tradujo en un racionamiento del crédito bancario a través de elevadas tasas de interés, por lo que los agentes de la economía perdieron capacidad de pago de sus deudas y la cartera vencida volvió a crecer tal y como lo había hecho el crédito hacía algunos años. Los bancos no tuvieron el colchón de liquidez que requerían pues también los depósitos del público empezaron a congelarse (su tasa de crecimiento anual casi llegó a cero) y muchos de ellos tuvieron que entrar en los procesos de liquidación correspondiente y algunos tuvieron que ser intervenidos por el Estado. La crisis crediticia y la del sector externo se pasaron casi desde su inicio al sector real por lo que en 1999 la tasa de crecimiento económico llegó al -4% anual.

Antes de pasar a los umbrales óptimos, hay que hacer notar como para la economía se acopla el concepto de crisis gemelas, pues en los dos episodios, la crisis cambiaria fue seguida o acompañada de una crisis



en el sector bancario que se veía seriamente afectado por el desempeño en el sector externo de la economía.

Además de la crisis en el sector bancario casi que simultánea a la crisis cambiaria, el modelo registra otros dos episodios críticos en el sector financiero en los años 2000 y 2001, consecuencia del deterioro de los activos de los bancos privados y estatales en los meses y años anteriores, así como un congelamiento en el ahorro e inversión del público en las entidades del sistema financiero. Estos episodios sustentan la hipótesis de que las consecuencias de las crisis presentan sus rezagos temporales y que en algunos casos ciertos episodios críticos pueden ser las causas de episodios anteriores. Obviamente, una alternativa más sencilla sería pensar que estos tres episodios registrados separadamente no son más que partes del mismo episodio de crisis y recesión por la que atravesó el país en los últimos años de los noventa y los primeros del siglo XXI. Los espacios entre ellos, no serían más que periodos de calma aparente en los que el mecanismo que hace las crisis persistentes está todavía actuando. No sobra el mencionar que estos mismos años fueron periodos bastante movidos en el sector bancario: compras por parte de bancos extranjeros, fusiones, bancarrotas e intervención del Estado son característicos de este periodo. Entre la intervención estatal, la política más polémica fue la creación de un impuesto a las transacciones financieras, cuyos ingresos se utilizan a favor de los bancos afectados.

No obstante, hay que resaltar una falla importante de este modelo hasta este punto: el EWS que recién construimos sólo identifica la existencia de un episodio de crisis cambiaria en el tercer trimestre de 1999. Aún en la literatura internacional, la crisis cambiaria de principios de la década de los ochenta es reconocida como un periodo perjudicial de la economía colombiana, protagonizado principalmente por un deterioro del sector externo, especialmente con lo que tiene que ver con las exportaciones y la tasa de cambio. De esta manera, el

modelo orientado por las propuestas de la literatura parece no ser coherente con la historia. Más adelante, comprobaremos que el error se encuentra en asumir una función normal y fijar los umbrales críticos basados en ese supuesto.

### **5.1.3. Los umbrales óptimos.**

Luego de construir las series para cada uno de los indicadores propuestos se procedió a hallar cuáles eran los umbrales críticos para cada uno de ellos a través del cálculo de la NTSR mínima. Los resultados de esta operación se encuentran en el Cuadro 3.

Las tres primeras columnas del Cuadro 2 son descripciones de cada uno de los indicadores. En las seis columnas siguientes se consignan los siguientes resultados: en la cuarta y quinta columna se encuentran las NTSR mínimas que se pudieron hallar con los umbrales posibles para dicho indicador en cada uno de los tipos de crisis. Entre más pequeña sea la NTSR (sin ser cero) de un indicador significa que su poder de predicción es mayor, así que el umbral correspondiente debe ser más confiable.

Las columnas sexta y séptima representan la ubicación en la distribución de percentiles que se halló para cada indicador. Anteriormente se dijo que sólo se probarían los umbrales dentro de cierta zona de la distribución. Estas columnas dan la ubicación del umbral óptimo en esa zona. En el caso del crecimiento del multiplicador del M2 el umbral óptimo para las crisis cambiarias se encuentra en el percentil 93.6 y la zona crítica para el indicador se encuentra en los percentiles superiores a éste (signo >).

Finalmente, las dos últimas columnas del Cuadro 2 dan los umbrales óptimos para esa variable en cada tipo de crisis y el signo < o >

representa la ubicación de la zona crítica para ese indicador. Nuevamente, el crecimiento del multiplicador del M2 estará dando una señal de alerta de crisis cambiaria si se encuentra por encima del 18.91%. Este umbral del 18.91% corresponde a una NTSR de 0.1835.

Cabe destacar que para los casos en los que un indicador generó una NTSR mínima mayor que 1 (casillas en gris), ese indicador no se tuvo en cuenta en el análisis, por su baja capacidad de predicción y alta generación de ruido. Por ejemplo, el crecimiento de las importaciones probó no ser un buen indicador para predecir la ocurrencia ni de crisis cambiarias ni de crisis bancarias, por lo que fue excluido del experimento, así como el crecimiento de la razón M2 – Reservas.

Con este mismo criterio se pueden ordenar los indicadores calculados en términos de la generación de ruido: Para el caso de las crisis cambiarias, los indicadores más confiables son el saldo en Cuenta Corriente y el crecimiento de la producción manufacturera.

Los indicadores que menor ruido producen en la antesala de las crisis bancarias son los relacionados con el sector financiero. En primer lugar, se encuentran los depósitos del público en las entidades financieras, la tasa de interés real y el crecimiento del precio de las acciones.

Calculados estos umbrales óptimos se puede verificar la efectividad del EWS construido confrontando con la ocurrencia de las crisis cambiarias y financieras anteriores. Esto es lo que llamaremos el análisis ex-post de la bondad de ajuste del modelo.

**Cuadro 3. Indicadores, NTSR mínimas y umbrales óptimos.**

Sector	Indicador	Transformación	NTSR mínima		Ubicación Zona Crítica Percentil *		Umbral Óptimo	
			BOP Crisis	Bank Crisis	BOP Crisis	Bank Crisis	BOP Crisis	Bank Crisis
Financiero	Multiplicador del M2	Crec. Anual	0.1835	0.0969	> 93.6%	> 93.6%	> 0.1891	> 0.1891
	Depósitos del Público en el SF	Crec. Anual	0.4321	0.0094	< 5.0%	< 7.5%	< 0.0302	< 0.0524
	Tasa de Interés Real	Nivel	0.2200	0.0259	> 90.5%	> 90.0%	> 0.1429	> 0.1411
	Diff Tasas de Interés Préstamos y Depósitos	Nivel	0.5051	1.5180	> 78.0	> 50.51%	> 0.1059	> 0.1191
	Razón M2 - Reservas Internacionales	Crec. Anual	2.5763	3.1138	> 70.5%	> 70.5%	> 0.1167	> 0.1167
	Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	Crec. Anual	0.1899	0.1810	> 92.1%	> 83.9%	> 0.6027	> 0.2577
	Cartera Vencida	Crec. Anual	0.2637	0.3845	> 92.6%	> 85.6%	> 0.7758	> 0.5616
Crédito Bruto Como %PIB	Crec. Anual	0.0291	0.0380	> 94.6%	> 92.9%	> 0.6457	> 0.6132	
Externo	Exportaciones	Crec. Anual	0.3608	0.2174	< 23.0%	< 21.6%	< -0.0507	< -0.0601
	Importaciones	Crec. Anual	1.3831	2.5258	> 71.1%	> 70.8%	> 0.2094	> 0.2076
	Índice Tasa de Cambio Real - IPP	Desv de Tendencia	0.4106	0.4524	< 16.8%	< 5.1%	< -0.2365	< -0.4945
	Términos de Intercambio	Crec. Anual	0.4335	0.0402	< 20.0%	< 10.1%	< -0.0695	< -0.1147
	Reservas Internacionales	Crec. Anual	0.7078	1.2214	< 12.5%	< 30.0%	< 0.0882	< 0.0882
	Diff Tasas de Interés Interna y Externa	Nivel	0.2079	0.0377	> 92.0%	> 93.1%	> 0.1078	> 0.1100
	Índice Producción Industrial USA	Crec. Anual	IND	0.0330	n.a.	< 8.7%	n.a.	< -0.0361
	Saldo en CC como %PIB	Nivel	0.0233	1.3125	< 7.5%	< 15.0%	< -0.0278	< -0.0254
IED como %PIB	Nivel	0.1111	0.3629	< 9.4%	< 11.3%	< 0.0077	< 0.0086	
Real	Precio de las Acciones	Crec. Anual	0.1720	0.0251	< 5.0%	< 6.7%	< -0.2672	< -0.2556
	Índice Producción Manufacturera	Crec. Anual	0.0507	0.0787	< 5.8%	< 6.7%	< -0.0889	< -0.0841
		<b>Promedio NTSR<sup>14</sup></b>	<b>0.2688</b>	<b>0.1417</b>				

\* Es la ubicación en la distribución de Percentiles

> y < indican que la zona crítica está por encima o por debajo del umbral

<sup>14</sup> Promedio basado únicamente en las variables cuya NTSR mínima era menor a 1

#### **5.1.4. Efectividad del EWS (análisis ex-post).**

En esta sección se pretende probar que los umbrales óptimos del Cuadro 3 son efectivos en el sentido de que hubieran podido predecir de manera aceptable los episodios de crisis anteriores. Para ello se trata de verificar si la mayoría de los indicadores estaban dando una señal de alerta en los 24 meses anteriores al inicio de una crisis cambiaria o en los 18 meses anteriores al inicio de una crisis bancaria. En el Cuadro 4 se resumen los resultados en el caso de las crisis de BOP y en el Cuadro 5 los que corresponden a crisis del sector bancario.

En los cuadros 4 y 5 se señala al frente de cada indicador si éste se encontraba dando alerta en la víspera de ese episodio de crisis (con un número 1). Para cada episodio de crisis, se obtiene el porcentaje de indicadores que estaban emitiendo señales (acertadas) en la antesala de la crisis; según Kaminsky y Reinhart (1999) ésta es la probabilidad no condicionada con la que el EWS habría predicho esa crisis. Entre mayor sea esta probabilidad mejor es el ajuste del EWS a la ocurrencia de la crisis.

Por ejemplo, en el Cuadro 4 se puede apreciar que la crisis cambiaria de julio-agosto de 1999 se hubiera podido predecir con una probabilidad del 100%, por lo que el EWS propuesto hubiera sido útil en la prevención del colapso de las bandas cambiarias en septiembre de 1999. No obstante, existe un sesgo en esta valoración, pues debido al hecho de tener un único episodio de crisis cambiaria, los umbrales críticos de los indicadores se han ajustado a ese único evento. Este sesgo debe ser arreglado ajustando una distribución teórica más cercana al proceso generador de los datos de los índices de turbulencia que la normal que plantea la literatura previa.

En el caso de las crisis bancarias se puede destacar que los episodios de finales de los noventa se hubieran podido predecir en promedio con una probabilidad no condicionada del 76.19% (Cuadro 5), pues la mayoría de los indicadores pertinentes se encontraban dando alerta en los 18 meses anteriores a este episodio crítico. Por otro lado, por cada indicador hay en promedio 8 alertas antes de las crisis cambiarias y 6 en el caso de las crisis bancarias, lo cual nos dice que las alertas no se tratan de hechos aislados sino es una secuencia sistemática que advierte de la posibilidad de una crisis financiera.

**Cuadro 4. Efectividad de EWS en predicción de Crisis Cambiarias.**

	<b>Fechas Crisis Cambiarias</b>
<b>Indicadores /1/</b>	<b>Jul - Ago 1999</b>
Multiplicador del M2	1
Depósitos del Público	1
Tasa de Interés real	1
Diff Tasas de Préstamos y Depósitos	1
Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	1
Cartera Vencida	1
Crédito Doméstico Bruto como %PIB	1
Exportaciones	1
Índice Tasa de Cambio Real	1
Términos de Intercambio	1
Reservas Internacionales	1
Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa	1
CC como %PIB	1
IED como %PIB	1
Precio de las Acciones	1
Producción Manufacturera	1
<b>% de Alerta (Prob. No Condicional)</b>	<b>100.00%</b>

1/ Un uno (1) significa que hubo una señal en la ventana de 24 meses antes del episodio crítico, cero (0) en caso contrario

**Cuadro 5. Efectividad de EWS en predicción de Crisis Bancarias**

Indicadores /1/	Fechas Crisis Bancarias			Promedio
	Jun - Ago 1999	Feb-Ago 2000	Ene 2001	
Multiplicador del M2	1	1	0	
Depósitos del Público	1	1	1	
Tasa de Interés real	0	1	0	
Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	1	1	1	
Cartera Vencida	1	1	0	
Crédito Doméstico Bruto como %PIB	1	1	1	
Exportaciones	1	1	0	
Índice Tasa de Cambio Real	1	1	1	
Términos de Intercambio	1	1	0	
Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa	1	1	0	
IPI USA	0	0	0	
IED como %PIB	1	1	1	
Precio de las Acciones	1	1	1	
Producción Manufacturera	1	1	1	
<b>% de Alerta (Prob. No Condicional)</b>	<b>85.71%</b>	<b>92.86%</b>	<b>50.00%</b>	<b>76.19%</b>

1/ Un uno (1) significa que hubo una señal en la ventana de 18 meses antes del episodio crítico, cero (0) en caso contrario



Por otra parte, la efectividad del EWS también puede medirse en términos de la anticipación promedio con la que emite señales de advertencia al mercado para que se hubiera podido evitar un colapso. Los cuadros 6 y 7 son análogos a los cuadros 4 y 5, con la diferencia de que no sólo se tiene en cuenta si un indicador lanza señales de alerta antes de las crisis, sino también con cuánta anticipación lo hace.

En los cuadros 6 y 7, al frente de cada indicador se señala la distancia en meses entre la primera señal que emitió el indicador y el inicio de la crisis. La última fila de los cuadros contiene la distancia promedio en meses entre la primera señal y la ocurrencia de esa crisis.

Para el caso de los episodios críticos cambiarios (Cuadro 6) de finales de los noventa la capacidad de anticipación del modelo es baja para algunos indicadores: en el caso de los depósitos del público, la anticipación máxima es de 4 meses. Los indicadores asociados con la cartera vencida tienen una anticipación máxima de 7 meses. En promedio, esta crisis cambiaria se hubiera podido anticipar con aproximadamente 13 meses de anterioridad. Los episodios críticos en el sector bancario de finales de los noventa se hubieran podido anticipar en un periodo similar (13.6 meses). No obstante, el evento de 2000 tiene una anticipación promedio de 16 meses aproximadamente, un periodo de antelación suficiente para la prevención.

**Cuadro 6. Efectividad de EWS en predicción de Crisis Cambiarias (meses de anticipación)**

	<b>Fechas Crisis Cambiarias</b>
<b>Indicadores /1/</b>	<b>Jul - Ago 1999</b>
Multiplicador del M2	9
Depósitos del Público	4
Tasa de Interés real	13
Diff Tasas de Préstamos y Depósitos	24
Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	7
Cartera Vencida	7
Crédito Doméstico Bruto como % del PIB (real)	12
Exportaciones	21
Índice Tasa de Cambio Real	19
Términos de Intercambio	14
Reservas Internacionales	12
Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa	13
CC como % del PIB	24
FDI como % del PIB (real)	15
Precio de las Acciones	11
Producción Manufacturera	8
<b>Número promedio de meses</b>	<b>13.31</b>

1/ El número en las casillas indica el número de meses entre la primera alerta y el inicio del episodio crítico en una ventana de 24 meses

**Cuadro 7. Efectividad de EWS en predicción de Crisis Bancarias (meses de anticipación)**

Indicadores /1/	Fechas Crisis Bancarias /1/			Promedio
	Jun - Ago 1999	Feb-Ago 2000	Ene 2001	
Multiplicador del M2	9	16	n.a.	
Depósitos del Público	1	18	18	
Tasa de Interés real	13	18	n.a.	
Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	8	17	18	
Cartera Vencida	6	14	n.a.	
Crédito Doméstico Bruto como % del PIB (real)	9	18	18	
Exportaciones	14	18	n.a.	
Índice Tasa de Cambio Real	9	17	17	
Términos de Intercambio	11	18	n.a.	
Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa	9	17	n.a.	
IPI USA	n.a.	n.a.	n.a.	
FDI como % del PIB (real)	12	6	18	
Precio de las Acciones	10	18	2	
Producción Manufacturera	7	15	18	
<b>Número promedio de meses</b>	<b>9.08</b>	<b>16.15</b>	<b>15.57</b>	<b>13.60</b>

n.a. : El indicador no arroja señales de alerta para esta fecha de crisis

1/ El número en las casillas indica el número de meses entre la primera alerta y el inicio del episodio crítico en una ventana de 18 meses

## **5.2. Resultados del Modelo GEV**

En esta sección, a diferencia de la anterior, se cuestionará la validez del supuesto de normalidad en las series de los índices de turbulencia y las variables con las que se calculan. Para ello, no sólo se examinarán las pruebas convencionales de normalidad, sino también el comportamiento de las series a través de distribuciones empíricas, gráficos de cuantiles (QQ Plots) y de excesos promedio sobre un umbral. La idea es que si la normalidad, en este caso no es un supuesto robusto, se puede construir de nuevo un EWS basado en una distribución de valores extremos ajustada a los datos correspondientes (GEV). La estimación de esta distribución se reduce a la estimación de los tres parámetros asociados: la forma ( $k$ ), la escala ( $\sigma$ ) y la localización ( $\mu$ ). Los dos últimos son parámetros análogos a la desviación estándar y media poblacional de distribuciones convencionales. No obstante, es la forma la que revela principalmente qué tan lejos de la distribución normal está la distribución de la serie en cuestión. Una vez hallados los parámetros asociados a cada distribución es fácil calcular los umbrales correspondientes a un nivel de significancia deseado (se confrontan colas extremas de 5%, 1%, 0.1% y 0.01%). Con estos nuevos valores críticos se datarán de nuevo las fechas de crisis para luego confrontar con la evidencia.

### **5.2.1. Análisis Preliminar de Índices de Turbulencia y Variables Asociadas**

#### *Estadística Descriptiva y Pruebas de Normalidad*

El primer paso en esta modelación es hacer el análisis básico de las series en cuestión. Se analizarán los seis índices de turbulencia cambiaria (dos versiones del ERW y cuatro versiones del KLR), así como las tres variables que conforman la definición de crisis según Zhang (crecimientos de la tasa de

cambio y las reservas internacionales y la tasa de interés real). Naturalmente, el índice de turbulencia bancaria también será analizado. El cuadro 8 muestra las principales estadísticas descriptivas de las series de estas variables así como las pruebas de normalidad asociadas.

**Cuadro 8. Estadística Descriptiva y Pruebas de Normalidad**

Indice/Variable	Muestra	Media	Desv Est	C. Asim	Kurtosis	JB Stat	JB p-val	Lill Stat	Lill p-val
ERW1	352	0.3872	1.5408	-0.2884	4.27	28.5369	0		
ERW2	341	0.912	1.6318	-0.0091	2.3793	5.4793	0.0646	0.0359	0.3592
KLR1	368	0.0073	0.038	-0.1143	4.8255	51.8976	0		
KLR2	357	0.0922	0.2131	0.1767	3.0098	1.8589	0.3948	0.0281	0.5
KLR3	352	0.0061	0.0458	-0.2855	4.8676	55.9346	0		
KLR4	341	0.0727	0.2556	0.171	2.8216	2.1139	0.3475	0.0425	0.1429
CRECTC	357	0.1521	0.1452	-0.3342	2.7802	7.3627	0.0252		
CRECRI	357	0.107	0.2592	-0.0989	4.5278	35.3029	0		
TIINT	341	-0.0098	0.0515	-0.7912	5.7716	144.7241	0		
ITB	231	-0.2133	0.1343	-0.4419	2.3172	12.004	0.0025		

Del cuadro 8 hay que resaltar en primera instancia que para todas las variables la desviación estándar es significativamente mayor que el promedio, lo cual es un primer síntoma de no normalidad en una variable aleatoria. Por otro lado, a excepción del índice ERW2, las variables parecen seguir distribuciones asimétricas ya sea hacia la izquierda o hacia la derecha, dado que los coeficientes de asimetría son significativamente diferentes de cero. Otro punto menos para la hipótesis de normalidad. Así mismo, únicamente los índices KLR2 y KLR4 presentan coeficientes de curtosis cercanos a 3 (la curtosis de una distribución normal).

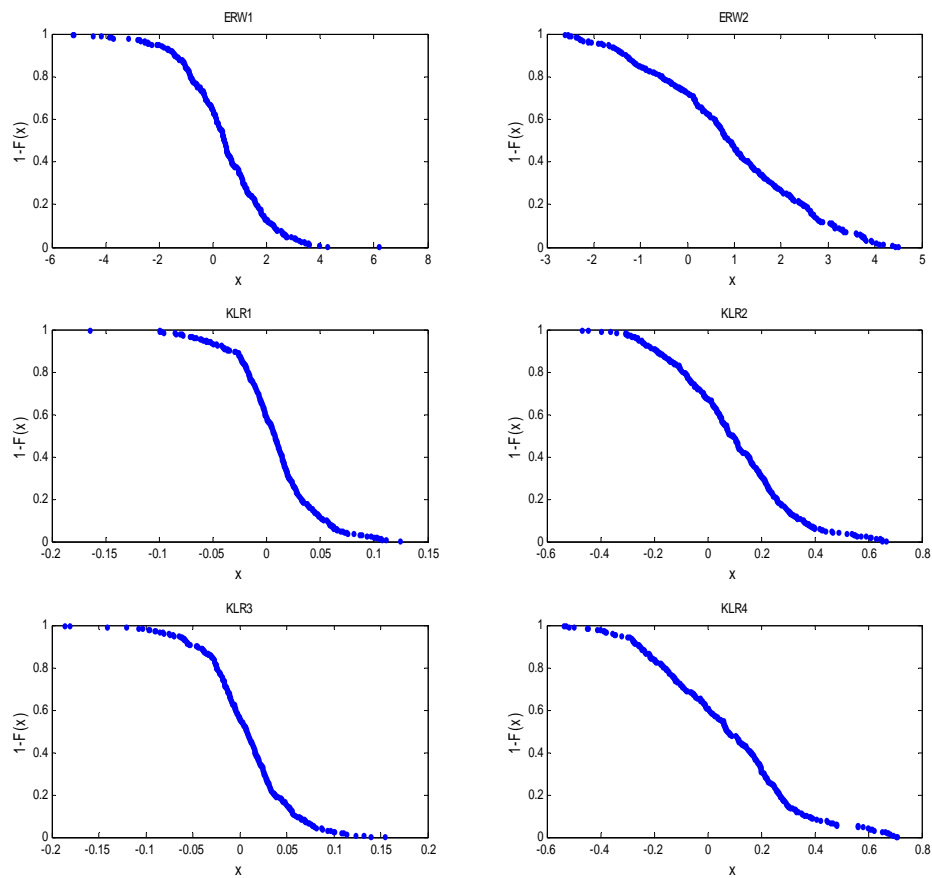
La prueba Jarque-Bera rechaza la hipótesis de normalidad para 7 de las diez variables analizadas. Los tres índices que caen en la hipótesis de normalidad son ERW2, KLR2 y KLR4, aquellos que fueron construidos con tasas de crecimiento anuales. Para corroborar, se ha realizado una prueba de normalidad distinta a la Jarque – Bera, la prueba Lilliefors (Lilliefors, 1967), la cual es una variante de la prueba Kolmogorov- Smirnov cuando no se conocen las medias y varianzas de una distribución, por lo cual es más

general que la prueba KS. Nuevamente, la hipótesis de normalidad no puede ser rechazada para estos tres índices de turbulencia cambiaria<sup>15</sup>.

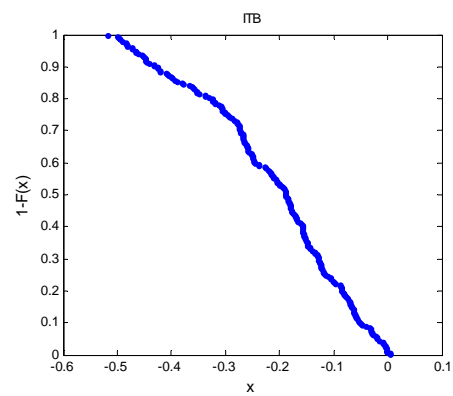
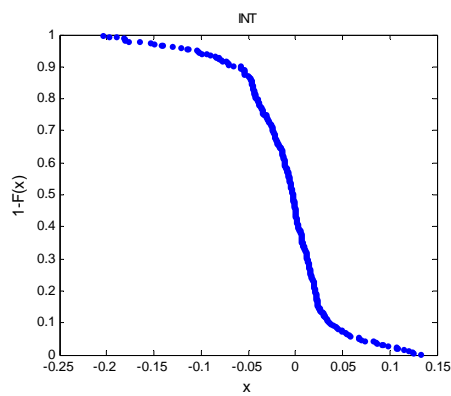
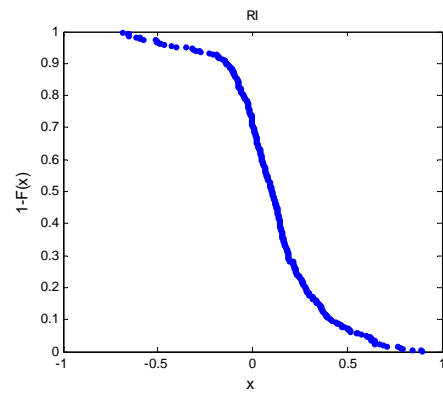
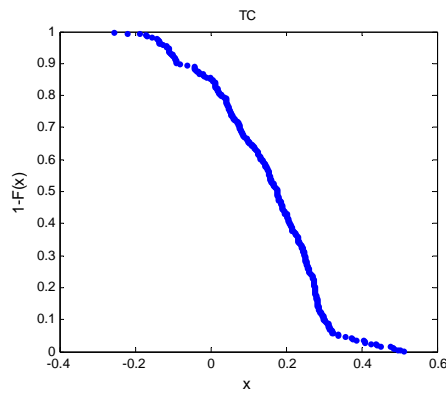
### Gráficos de Percentiles y Excesos Promedio

Además de las pruebas estadísticas de normalidad, un método también recomendable para confrontar esa hipótesis es analizar el comportamiento de la serie en cuestión versus el comportamiento de una serie totalmente normal o cercana a ella. Los siguientes gráficos son bastante sencillos de usar para ese propósito.

### Gráfica 1. Distribuciones Empíricas (CDF)

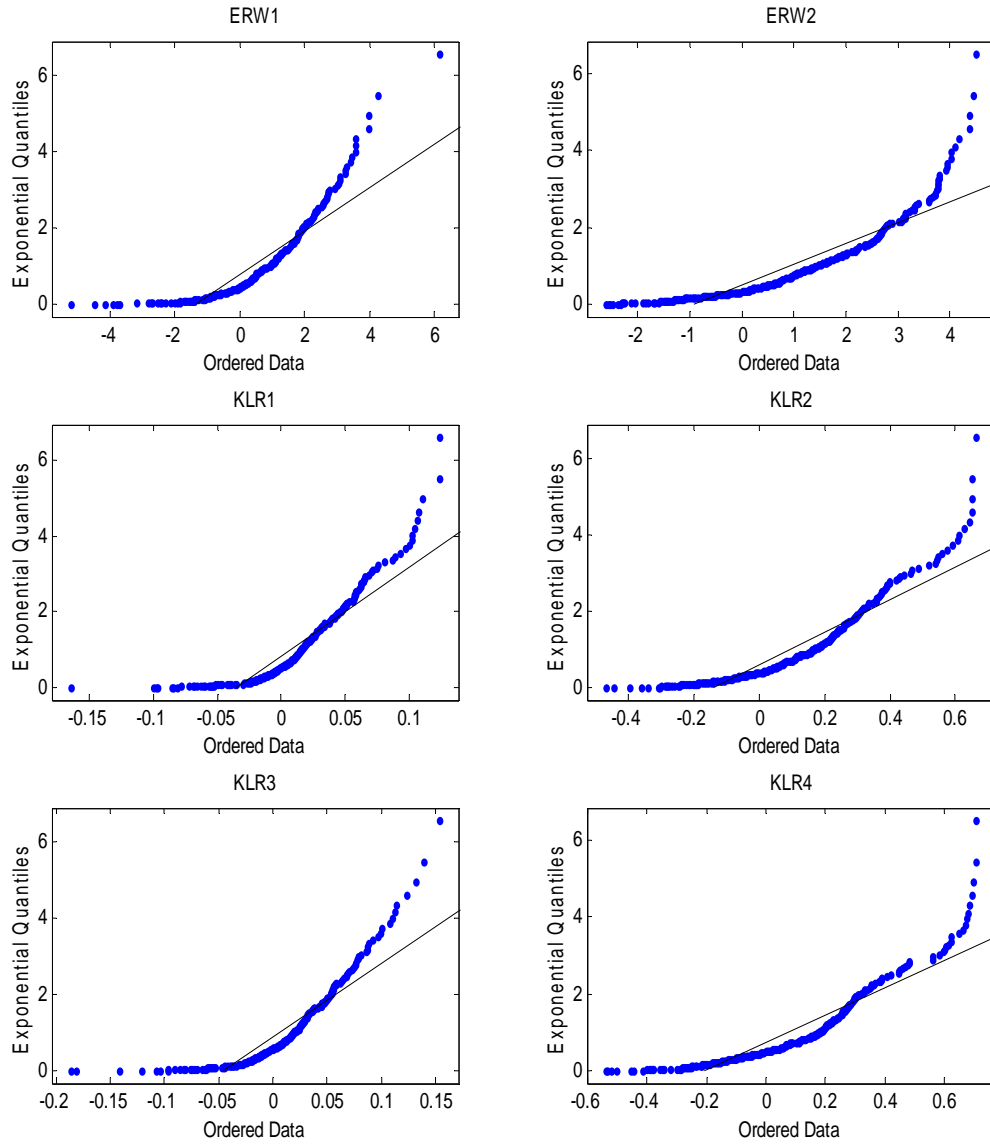


<sup>15</sup> Ambas pruebas utilizan un nivel de significancia de 0.05

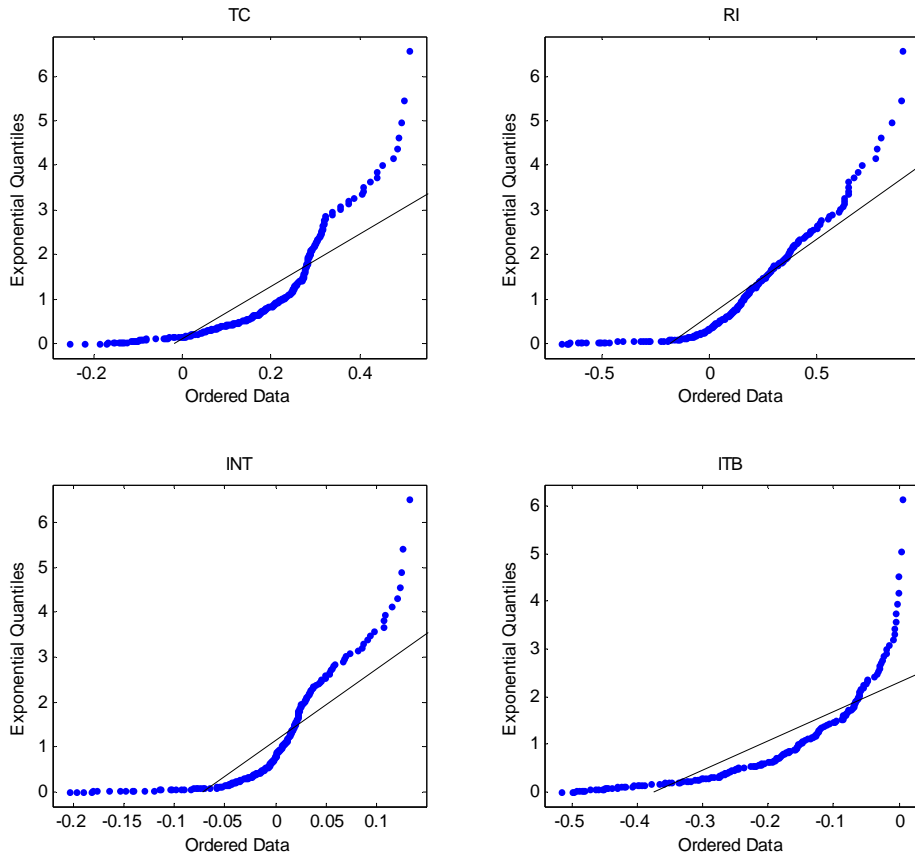


Una serie que fuera normal (puesto que en este caso los ejes están linealizados) exhibiría un comportamiento lineal. Claramente, ninguna de las series aquí analizadas presenta este comportamiento. Convenientemente, casi todas parecen seguir un mismo tipo de distribución a juzgar por el grado de concavidad que presentan las distribuciones empíricas. La serie del ITB, aunque cercana a sus compañeras, parece tener un proceso generador de datos distinto. Según Guerrero (2008), este comportamiento sugiere que la distribución de estas series puede ser de la familia de las distribuciones exponenciales.

## Gráfica 2. Q-Q Plots





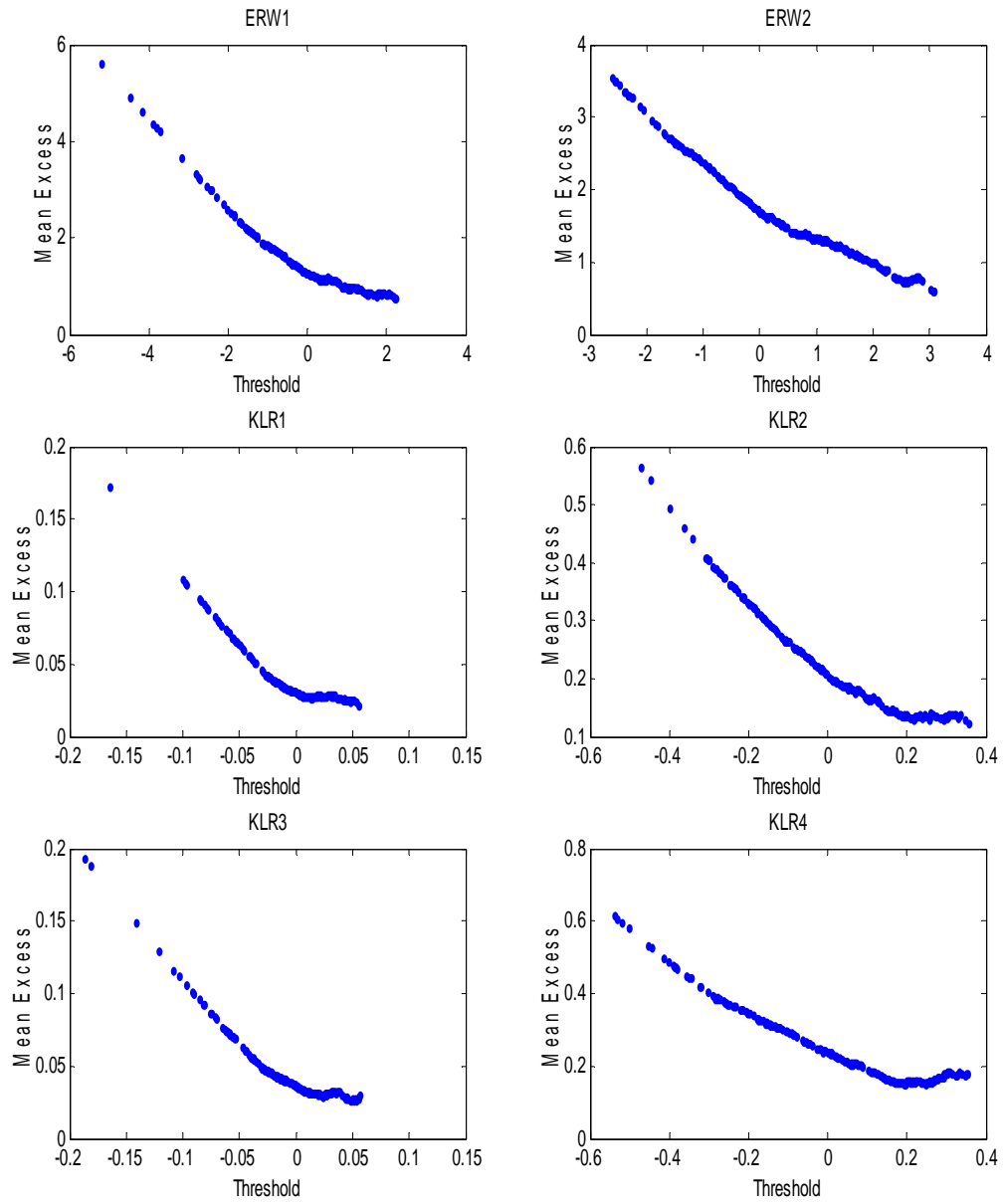


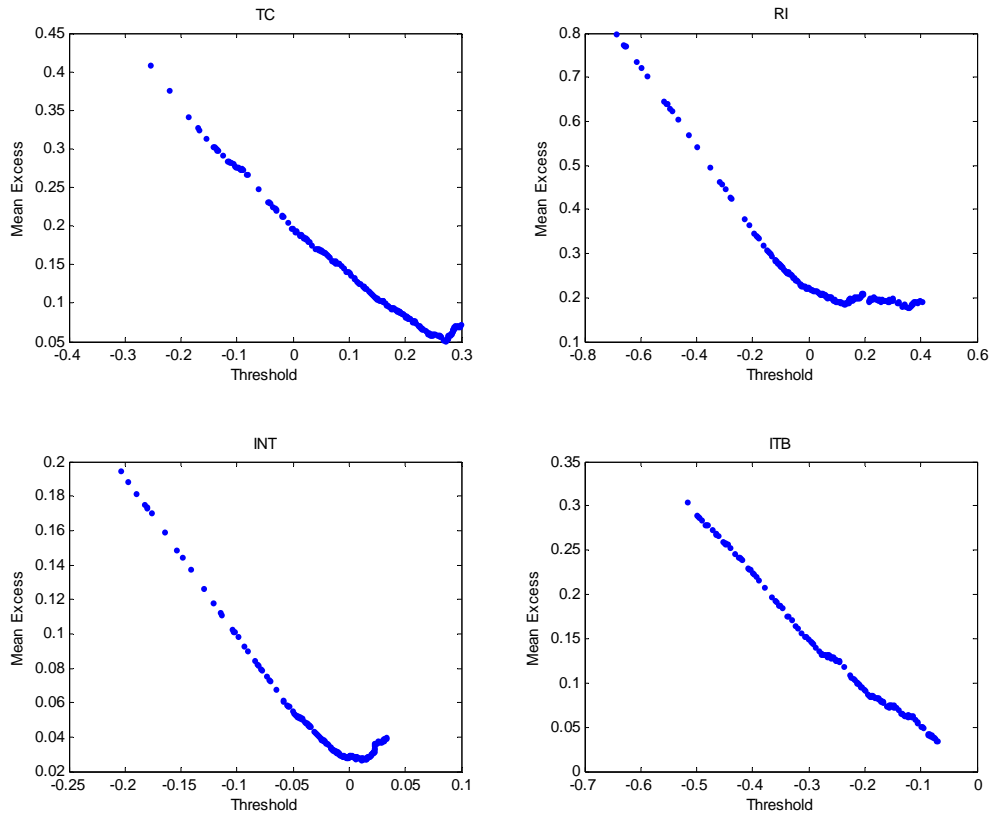
Los gráficos de cuantiles son muy útiles si se quiere confrontar la distribución de una serie contra una distribución exponencial. En este caso, la línea recta representa el comportamiento de una variable que sigue una distribución exponencial estándar. Mientras la concavidad representa a una distribución de colas pesadas (Familia Fréchet), la convexidad indica la presencia de colas finitas (Familia Weibull). Este último es el caso presente según los QQ plots. Es decir, buscamos una distribución de la familia de las exponenciales con un parámetro de forma negativo. La pendiente de la curva de excesos promedio versus diferentes umbrales confirma esta proposición.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Véase Guerrero (2008, p. 15)

### Gráfica 3. Excesos sobre la media vs. Umbrales





De esta manera, se estimará una distribución de valores extremos en la que el parámetro de forma sea negativo.

## 5.2.2. Estimación de Parámetros de la GEV

La estimación correspondiente de la distribución GEV se hace por el método de máxima verosimilitud, tal como se expuso anteriormente. El Cuadro 9 muestra estos estimadores.

Como se esperaba, el parámetro de forma estimado es negativo y significativamente distinto de cero al 5% de significancia. Esto confirma que las series de los índices de turbulencia y las variables asociadas no siguen una distribución normal sino una distribución de la familia Weibull.

**Cuadro 9. Parámetros Estimados de la distribución GEV**

Indice/Variable	k	sigma ( $\sigma$ )	mu ( $\mu$ )
<b>ERW1</b>	-0.2372	1.6153	-0.1995
<b>ERW2</b>	-0.3196	1.6448	0.3651
<b>KLR1</b>	-0.2608	0.0396	-0.0065
<b>KLR2</b>	-0.2241	0.2069	0.0115
<b>KLR3</b>	-0.2706	0.0483	-0.0104
<b>KLR4</b>	-0.2305	0.2478	-0.0234
<b>CRECTC</b>	-0.3343	0.1511	0.1040
<b>CRECRI</b>	-0.2597	0.2683	0.0129
<b>TINT</b>	-0.3262	0.0564	-0.0271
<b>ITB</b>	-0.5701	0.1482	-0.2413

Con los estimadores de los parámetros de escala y localización, adicionalmente, es posible calcular valores de percentiles en las colas extremas de las distribuciones según la fórmula de Tsay (2002) [Ecuación 18]

Los cuadros 10 y 11 muestran los umbrales de Valores Extremos, empíricos y teóricos, así como el número de desviaciones estándar sobre o bajo la media asociado a estos umbrales. Los resultados son evidentes en el hecho de que los umbrales definidos por la literatura previa son diferentes de los que da una distribución más cercana a su comportamiento real.

En todos los casos el umbral más extremo entre los de la distribución GEV sigue siendo mucho menor (en magnitud) que el umbral que hubiera propuesto la metodología original. Lo mismo ocurre con las desviaciones estándar en el Cuadro 11. El que el número de desviaciones estándar sea menor que el teórico (1.5 en ERW y 3 en KLR y Z) indica que efectivamente, la distribución es una de colas finitas y más delgadas que las de la normal.

Los valores anteriores de umbrales (para los seis índices de turbulencia cambiaria y el índice de turbulencia bancaria) y de desviaciones estándar (para las tres variables de la metodología Zhang) se usarán para realizar de nuevo la datación de las fechas de crisis, lo cual examinamos a continuación.

**Cuadro 10. Umbrales según GEV, distribución Uniforme y Teórica (Normal)**

Indice/Variable	EV_th5%	EV_th1%	EV_th0.1%	EV_th0.01%	Emp_thresh (5%)	Theor_th /1
<b>ERW1</b>	1.3610	1.8700	2.3047	2.5888	2.7686	2.7018
<b>ERW2</b>	1.8873	2.3527	2.7366	2.9803	3.7271	3.3633
<b>KLR1</b>	0.0313	0.0433	0.0536	0.0602	0.0688	0.1214
<b>KLR2</b>	0.2128	0.2791	0.3360	0.3734	0.4620	0.7323
<b>KLR3</b>	0.0355	0.0501	0.0624	0.0703	0.0786	0.1438
<b>KL4</b>	0.2168	0.2956	0.3631	0.4072	0.5598	0.8408
<b>CRECTC</b>	0.2427	0.2847	0.3190	0.3408	0.3559	0.5882
<b>CRECRI</b>	-0.2432	-0.3253	-0.3948	-0.4398	-0.3551	-0.6718
<b>TINT</b>	0.0249	0.0407	0.0537	0.0619	0.0674	0.1450
<b>ITB</b>	-0.1205	-0.0902	-0.0678	-0.0547	-0.0194	-0.0115

1/ Según método asociado (Ej. KLR1 - Kaminsky, Lizondo y Reinhart, 1998)

**Cuadro 11. Desviaciones por encima/debajo (-) de la media (GEV)**

Indice/Variable	EV_th5%	EV_th1%	EV_th0.1%	EV_th0.01%
<b>ERW1</b>	0.9661	1.2812	1.5503	1.7261
<b>ERW2</b>	0.9255	1.2084	1.4418	1.5900
<b>KLR1</b>	0.9542	1.2597	1.5181	1.6855
<b>KLR2</b>	0.9727	1.2933	1.5685	1.7492
<b>KLR3</b>	0.9493	1.2509	1.5050	1.6690
<b>KL4</b>	0.9694	1.2873	1.5596	1.7379
<b>CRECTC</b>	0.9185	1.1960	1.4236	1.5674
<b>CRECRI</b>	-0.9547	-1.2607	-1.5195	-1.6873
<b>TINT</b>	0.9223	1.2028	1.4336	1.5798
<b>ITB</b>	0.8157	1.0197	1.1712	1.2594

### 5.2.3. Efectividad ex – post del modelo GEV

#### *Fechas de Crisis*

El modelo ahora arroja las siguientes fechas de crisis cambiarias y bancarias para Colombia (Cuadro 12):

## Cuadro 12. Fechas de Crisis Modelo GEV

<b>Fechas Crisis Cambiarias</b>	<b>Fechas Crisis Bancarias</b>
Ene - Ago 1984	Marzo 1999
Enero 1985	Mayo 1999 - Febrero 2001
Abr - May 1985	Abril 2001
Diciembre 1985	Octubre 2002
Abril 1998	
Junio 1998	
Septiembre 1998	
Jul - Ago 1999	

En primer lugar, la metodología de datación identifica la crisis de principios de la década de los ochenta (Crisis cambiaria 1983-1985 que iría junto a la crisis bancaria que no se tuvo en cuenta) que se origina en torno a la recesión internacional creada por los elevados precios del petróleo y la reducción en la demanda por exportaciones por parte de los principales compradores del combustible. La recesión que acompaña a esta crisis internacional culmina con la declaración de la moratoria de deuda de los países latinoamericanos.

La mencionada fue una crisis de balanza de pagos típica en la que frente a un fuerte proceso inflacionario la moneda colombiana se depreció a tasas bastante altas entre el 20 y el 50 por ciento anual, mientras que las reservas internacionales caían a una razón entre el 20 y el 70 por ciento en el periodo más profundo de la crisis. Hacia el final de este episodio, se dan aumentos entre 2 y 6 puntos porcentuales en las tasas de interés del país. En el sector bancario, el alto nivel de cartera morosa y la debilidad de las entidades financieras para afrontar situaciones de baja solvencia y liquidez colapsaron en la quiebra de un buen número de bancos y en un alto nivel de intervención por parte del gobierno en dicho sector con el fin de paliar los efectos devastadores de la crisis (Serrano, 2004).

El sector externo, a principios de la década de los ochenta tuvo un papel importante en los problemas que atravesó la economía colombiana por ese momento: hubo un deterioro marcado de las exportaciones entre 1982 y

1984, así como una sobredepreciación de la tasa de cambio luego del inicio de la turbulencia en 1983.

Adicionalmente, esta metodología no podía dejar de registrar el colapso financiero de finales de los noventa, el cual ya fue descrito en la sección 5.1. Es de resaltar que las fechas Enero de 1985, Septiembre de 1998 y Agosto de 1999 coinciden con las fechas de crisis cambiarias identificadas por Kaminsky (2006).

Por el lado de los bancos, la cantidad de fechas de crisis crece pero no se dispersa, es decir, se mantienen en el mismo espacio de tiempo con respecto a la metodología original (1999 – 2001). No obstante, surge una fecha adicional fuera del intervalo anterior: en 2002, la economía colombiana ya había pasado por la época de endeudamiento extremo por parte del público, pero la desconfianza generada en el sistema financiero a partir de la disolución del régimen de bandas cambiarias en 1999 trajo consigo una ralentización del ahorro financiero, ante lo cual el gobierno nacional tuvo que emplear medidas de salvaguarda para el sector bancario.

#### *NTSR y Umbrales Críticos*

El cuadro 13 es análogo al Cuadro 3 pues muestra, igualmente, las razones de ruido mínimas para cada uno de los indicadores, la ubicación de la zona crítica y los umbrales óptimos para cada uno de las variables macroeconómicas.

En esta ocasión el cuadro 13 muestra algo interesante: para la mayoría de los indicadores, la magnitud de los umbrales óptimos para las crisis cambiarias es menor que para las crisis bancarias. Esto es un claro indicador de las proposiciones de Kaminsky y Reinhart (1999) que afirman que por lo

general , las crisis cambiarias pueden ser una causa de los problemas en el sector bancario, debido a que una moneda débil refuerza los problemas de sostenibilidad de estas entidades, pues tienen gran cantidad de pasivos denominados en moneda extranjera. De esta manera, las crisis cambiarias parecen “perseguir” a las crisis bancarias. El cálculo de probabilidades de crisis bancarias condicionadas a la ocurrencia de una crisis cambiaria llevado a cabo por Kaminsky y Reinhart confirma este hecho. Este ejercicio no se ha hecho en este trabajo, pero se trata de una extensión bastante sencilla.



**Cuadro 13. NTSR y Umbrales Óptimos (GEV)**

Sector	Indicador	Transformación	NTSR mínima		Ubicación Zona Crítica Percentil *		Umbral Óptimo	
			BOP Crisis	Bank Crisis	BOP Crisis	Bank Crisis	BOP Crisis	Bank Crisis
Financiero	Multiplicador del M2	Crec. Anual	0.1661	0.1302	> 90.1%	> 93.6%	> 0.1584	> 0.1891
	Depósitos del Público en el SF	Crec. Anual	1.3713	0.0077	< 5.00%	< 15.6%	< 0.0302	< 0.0911
	Tasa de Interés Real	Nivel	0.0285	0.0338	> 93.4%	> 90.3%	> 0.1553	> 0.1413
	Diff Tasas de Interés Préstamos y Depósitos	Nivel	0.2574	1.9506	> 81.8%	> 78.6%	> 0.1076	> 0.1060
	Razón M2 - Reservas Internacionales	Crec. Anual	0.0180	4.0506	> 94.7%	> 70.2%	> 0.4798	> 0.1167
	Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	Crec. Anual	0.2132	0.2430	> 70.8%	> 83.9%	> 0.1397	> 0.2577
	Cartera Vencida	Crec. Anual	0.3070	0.4937	> 79.1%	> 90.8%	> 0.5237	> 0.6804
Crédito Bruto Como %PIB	Crec. Anual	0.1829	0.0535	> 88.4%	> 93.8%	> 0.5232	> 0.6298	
Externo	Exportaciones	Crec. Anual	0.4250	0.0916	< 11.5%	< 10.7%	< -0.1424	< -0.1477
	Importaciones	Crec. Anual	2.6333	2.2887	> 71.1%	> 90.0%	> 0.2094	> 0.3302
	Índice Tasa de Cambio Real - IPP	Desv de Tendencia	0.7605	0.2251	< 16.8%	< 5.10%	< -0.2365	< -0.4945
	Términos de Intercambio	Crec. Anual	1.0291	0.0506	< 27.6%	< 10.1%	< -0.0470	< -0.1147
	Reservas Internacionales	Crec. Anual	0.0141	1.1030	< 6.90%	< 30.0%	< -0.0636	< 0.0882
	Diff Tasas de Interés Interna y Externa	Nivel	0.0979	0.0576	> 94.3%	> 93.1%	> 0.1180	> 0.1100
	Índice Producción Industrial USA	Crec. Anual	0.0462	0.0338	< 5.20%	< 9.00%	< -0.0540	< -0.0349
	Saldo en CC como %PIB	Nivel	0.0421	0.9643	< 11.3%	< 9.40%	< -0.0268	< -0.0271
IED como %PIB	Nivel	0.8919	0.1005	< 24.5%	< 13.2%	< 0.0132	< 0.0097	
Real	Precio de las Acciones	Crec. Anual	0.2055	0.0338	< 10.4%	< 6.40%	< -0.2256	< -0.2554
	Índice Producción Manufacturera	Crec. Anual	0.0913	0.0734	< 6.10%	< 6.70%	< -0.0888	< -0.0841
<b>Promedio NTSR</b>			<b>0.2342</b>	<b>0.1728</b>				

\* Es la ubicación en la distribución de Percentiles  
 > y < indican que la zona crítica está por encima o por debajo del umbral

### *Efectividad del Modelo (Bondad de Ajuste)*

Los cuadros del 14 al 17 resumen la efectividad ex-post del modelo en términos de la probabilidad no condicional de predicción y la capacidad de anticipación de esta predicción, al igual que en el modelo original.

En cuanto a capacidad predictiva de las crisis cambiarias, el modelo tiene un buen desempeño: existían probabilidades no condicionadas mayores al 80% de ocurrencia de las crisis a principios de la década de los ochenta. Aunque las probabilidades para los periodos de turbulencia cambiaria de finales de los noventa son menores, no dejan de ser probabilidades significativas: en el peor de los casos existía una probabilidad de aproximadamente 56% de que ocurriera crisis cambiaria. En promedio, todas las crisis cambiarias datadas se hubieran podido predecir con un 73.72% de probabilidad

Para las crisis bancarias, los resultados también son aceptables: los dos primeros episodios (de hecho los más catastróficos en términos de costos sociales) se hubieran podido predecir con una probabilidad del 93.33%. No obstante, los dos últimos episodios sólo tenían una probabilidad de ocurrencia del 40-46%.

En conjunto, ambos tipos de crisis tenían en promedio una probabilidad de ocurrencia cercana al 70%.

**Cuadro 14. Efectividad de EWS en predicción de Crisis Cambiarias (GEV)**

Indicadores /1/	Fechas Crisis Cambiarias							
	Ene - Ago 1984	Ene 1985	Abr - May 1985	Dic 1985	Abr 1998	Jun 1998	Sep 1998	Jul - Ago 1999
Multiplicador del M2	1	1	1	1	1	1	1	1
Tasa de Interés real	1	1	1	1	0	0	0	1
Diff Tasas de Préstamos y Depósitos	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1
Razón M2 - Reservas	1	1	1	1	0	0	0	0
Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1
Cartera Vencida	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1
Crédito Doméstico Bruto como %PIB	1	1	1	1	0	0	1	1
Exportaciones	1	1	1	1	1	1	1	1
Índice Tasa de Cambio Real	1	1	1	1	1	1	1	1
Reservas Internacionales	1	1	1	1	0	0	0	0
Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa	0	1	1	1	0	0	0	1
IPI USA	1	0	0	0	0	0	0	0
CC como %PIB	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1
IED como %PIB	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1
Precio de las Acciones	1	1	1	1	0	0	1	1
Producción Manufacturera	0	0	0	0	1	1	1	1
<b>% de Alerta (Prob. No Condicional)</b>	<b>81.82%</b>	<b>81.82%</b>	<b>81.82%</b>	<b>81.82%</b>	<b>56.25%</b>	<b>56.25%</b>	<b>68.75%</b>	<b>81.25%</b>
							<b>Promedio</b>	<b>73.72%</b>

1/ Un uno (1) significa que hubo una señal en la ventana de 24 meses antes del episodio crítico, cero (0) en caso contrario

**Cuadro 15. Efectividad de EWS en predicción de Crisis Bancarias (GEV)**

Indicadores /1/	Fechas Crisis Bancarias				Promedio
	Mar 1999	May 1999 - Feb 2001	Abr 2001	Oct 2002	
Multiplicador del M2	1	1	0	0	
Depósitos del Público	1	1	1	1	
Tasa de Interés real	1	1	0	0	
Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	1	1	1	0	
Cartera Vencida	1	1	0	0	
Crédito Doméstico Bruto como %PIB	1	1	1	0	
Exportaciones	1	1	0	1	
Índice Tasa de Cambio Real	1	1	1	1	
Términos de Intercambio	1	1	0	1	
Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa	1	1	0	0	
IPI USA	0	0	0	1	
CC como %PIB	1	1	0	0	
IED como %PIB	1	1	0	1	
Precio de las Acciones	1	1	1	0	
Producción Manufacturera	1	1	1	1	
<b>% de Alerta (Prob. No Condicional)</b>	<b>93.33%</b>	<b>93.33%</b>	<b>40.00%</b>	<b>46.67%</b>	<b>68.33%</b>

1/ Un uno (1) significa que hubo una señal en la ventana de 18 meses antes del episodio crítico, cero (0) en caso contrario

**Cuadro 16. Efectividad de EWS en predicción de Crisis Cambiarias (Meses de Anticipación)**

Indicadores /1/	Fechas Crisis Cambiarias							
	Ene - Ago 1984	Ene 1985	Abr - May 1985	Dic 1985	Abr 1998	Jun 1998	Sep 1998	Jul - Ago 1999
Multiplicador del M2	24	14	17	24	17	19	22	9
Tasa de Interés real	4	16	19	24	n.a.	n.a.	n.a.	10
Diff Tasas de Préstamos y Depósitos	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	24	24	24	24
Razón M2 - Reservas	5	17	20	24	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	24	24	24	12
Cartera Vencida	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	24	24	24	9
Crédito Doméstico Bruto como %PIB	6	18	15	21	n.a.	n.a.	3	15
Exportaciones	14	22	22	22	20	22	18	15
Índice Tasa de Cambio Real	20	2	5	13	15	17	20	19
Reservas Internacionales	10	22	24	24	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa	n.a.	12	15	23	n.a.	n.a.	n.a.	10
IPI USA	19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CC como %PIB	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	21	21	24	24
IED como %PIB	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	24	24	6	18
Precio de las Acciones	11	23	24	24	n.a.	n.a.	1	11
Producción Manufacturera	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	17	19	22	8
<b>Número promedio de meses</b>	<b>12.6</b>	<b>16.2</b>	<b>17.9</b>	<b>22.1</b>	<b>20.7</b>	<b>21.6</b>	<b>17.1</b>	<b>14.2</b>
							<b>Promedio</b>	<b>17.8</b>

1/ El número en las casillas indica el número de meses entre la primera alerta y el inicio del episodio crítico en una ventana de 24 meses

**Cuadro 17. Efectividad de EWS en predicción de Crisis Bancarias (Meses de Anticipación)**

Indicadores /1/	Fechas Crisis Bancarias				
	Mar 1999	May 1999 - Feb 2001	Abr 2001	Oct 2002	
Multiplicador del M2	5	18	n.a.	n.a.	
Depósitos del Público	3	5	18	18	
Tasa de Interés real	9	11	n.a.	n.a.	
Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta	5	7	18	n.a.	
Cartera Vencida	4	6	n.a.	n.a.	
Crédito Doméstico Bruto como %PIB	6	9	18	n.a.	
Exportaciones	11	13	n.a.	11	
Índice Tasa de Cambio Real	6	8	18	4	
Términos de Intercambio	7	9	n.a.	12	
Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa	6	8	n.a.	n.a.	
IPI USA	n.a.	n.a.	n.a.	16	
CC como %PIB	18	18	n.a.	n.a.	
IED como %PIB	9	12	n.a.	12	
Precio de las Acciones	7	9	11	n.a.	
Producción Manufacturera	4	6	18	7	Promedio
<b>Número promedio de meses</b>	<b>7.1</b>	<b>9.9</b>	<b>16.8</b>	<b>11.4</b>	

1/ El número en las casillas indica el número de meses entre la primera alerta y el inicio del episodio crítico en una ventana de 18 meses

Los Cuadros 16 y 17 representan nuevamente la capacidad de anticipar las crisis con una antelación razonable: no sólo un EWS debe señalar la posible ocurrencia de una crisis, sino que también debe hacerlo con la suficiente anticipación para hacer todo lo posible por que no ocurra.

Para las crisis cambiarias, este EWS hubiera podido anticipar esos episodios con una antelación mayor a un año, un buen registro si se mira desde el punto de vista de las políticas preventivas. En el caso de las crisis bancarias, este registro es un tanto menor a un año (11 meses). Esto se debe a que la capacidad de anticipar los periodos críticos que inician en 1999 es baja (7 y 9 meses aproximadamente).

### 5.3. Comparación de los dos modelos

Los modelos son comparables según:

- (a) la mínima generación de ruido en el cálculo de los umbrales óptimos;
- (b) la coherencia de las fechas de crisis identificadas con la realidad histórica;
- (c) la capacidad predictiva de las crisis (probabilidades no condicionales), y
- (d) la capacidad de anticipar los eventos críticos

Con respecto a (b), el modelo basado en la metodología original falla al datar únicamente un episodio de crisis cambiaria a final de los noventa, pues no toma en cuenta los episodios críticos de principios de la década de los ochenta. En su lugar, el modelo alternativo de distribución GEV para los índices de turbulencia, data estos episodios claramente además de identificar la turbulencia de los años 1998-1999.

Los otros tres aspectos pueden ser cuantificados y comparados por tipo de crisis y modelo, tal y como lo muestra el siguiente cuadro.

**Cuadro 18. Comparación Modelo “Original” y Modelo GEV**

	BOP Crisis		Bank Crisis	
	Original	GEV	Original	GEV
<b>NTSR Mínima Promedio</b>	<b>0.2688</b>	<b>0.2342</b>	<b>0.1417</b>	<b>0.1728</b>
<b>Probabilidad Condicional Promedio</b>	<b>n.a.</b>	<b>73.72%</b>	<b>76.19%</b>	<b>68.33%</b>
<b>Número Promedio de Meses de Anticipación</b>	<b>13.31</b>	<b>17.80</b>	<b>13.60</b>	<b>11.30</b>

Los resultados de esta pequeña comparación son mixtos: por un lado, el modelo original genera una NTSR mínima promedio de menor magnitud que la que produce el modelo con GEV para las crisis bancarias, lo cual diría que en términos de ruido en la predicción de crisis bancarias el modelo original

(en el que sólo se corregía por correlación) se desempeña mejor. No obstante, el modelo GEV genera una menor razón de ruido para las crisis cambiarias. Del mismo modo, el modelo original tiene una mayor capacidad predictiva (en términos de que la probabilidad de ocurrencia de crisis anteriores es mayor) para las crisis bancarias ocurridas en el pasado. En el caso de las crisis cambiarias el sesgo de identificación presente en el modelo original deja al modelo GEV como una mejor opción. Por último, el modelo GEV puede anticipar con más tiempo las crisis cambiarias en relación a la capacidad de anticipación del modelo original. Sin embargo, el modelo GEV no pueda anticipar tan bien las crisis bancarias como lo hace el modelo original.

De esta manera, el modelo original es un modelo que se ajusta mejor a la predicción de crisis bancarias, mientras que el modelo GEV es mejor para la predicción de crisis cambiarias.

#### ***5.4. Evaluación de la situación actual de la economía colombiana.***

Aunque no es un ejercicio necesario para mostrar la efectividad del modelo, surge un cuestionamiento interesante luego de haber comparado y haber elegido los modelos de EWS adecuados para cada tipo de crisis: ¿Qué tiene que decir este EWS compuesto acerca de la situación colombiana actual? Es decir, ¿presenta la economía colombiana aspectos o comportamientos similares a los que los modelos ya fueron capaces de predecir con una debida anticipación?

Sin embargo, aquí también surge la interrogante acerca de la capacidad de diagnóstico del modelo de alerta, puesto que el mercado financiero colombiano actual, y específicamente el mercado cambiario, presenta notables diferencias con el mercado financiero de los ochenta e inclusive con la situación del mercado en la década de los noventa. En primer lugar,



los noventa trajeron consigo un nuevo modelo económico basado en la apertura económica tanto en el mercado de bienes como en el mercado de capitales. Adicionalmente, los primeros años del siglo XXI vinieron acompañados de cambios estructurales en variables importantes como la inversión extranjera en Colombia, así como una transformación significativa en el sistema bancario en su relación con agentes locales e internacionales. Con los dos grandes episodios de crisis en los últimos treinta años, los bancos hacen ahora un manejo más prudente, justificado e informado de sus recursos y los recursos del público. Por otro lado, entre 1980 y 2010, Colombia ha probado tres regímenes cambiarios distintos: un régimen de devaluación fija (crawling peg) en la década de los ochenta fue reemplazado por el régimen de bandas cambiarias que colapsó en 1999. Éste a su vez fue reemplazado por un sistema de flotación administrada con fines de estabilización. De hecho, la Resolución 8 de 2000 del Banco de la República <sup>17</sup>se encargó de poner variadas restricciones en el mercado cambiario colombiano con el fin de evitar crisis especulativas como las ya reseñadas. La normativa de esta resolución incluye entre otros la imposición de topes de endeudamiento en moneda extranjera, sincronización entre las reservas de los bancos en el Banco de la República y los activos y pasivos externos, así como restricciones de tipo administrativo para regular la actividad en el mercado cambiario. Con un mercado cambiario más regulado que el de hace 10 o 20 años, ¿sí tiene validez presentar el diagnóstico actual del modelo en base a un esquema que retrató la antesala de las crisis en momentos notablemente distintos de la economía colombiana?

La respuesta radica precisamente en los resultados que en este trabajo hemos presentado: si el modelo fue capaz de predecir satisfactoriamente la crisis de principio de los ochenta así como la de finales de los noventa, dos periodos con marcadas diferencias, ¿por qué no podría este mismo modelo dar algunos indicios acerca del grado de vulnerabilidad actual de la

---

<sup>17</sup> <http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/Res8-2000.pdf>

economía colombiana? Al fin y al cabo, aunque el marco institucional sea distinto al de hace treinta años, ciertas tendencias en el comportamiento de los agentes públicos y privados se mantienen en el tiempo, tendencias que se manifiestan a nivel macroeconómico. Este tipo de comportamientos tendenciales en la antesala de una crisis son los que un EWS precisamente trata de explicar y predecir. En Kaminsky y Reinhart (1999), a pesar de que no se lleva a cabo un diagnóstico contemporáneo de las economías analizadas, el hecho de poder predecir más que aceptablemente los colapsos financieros de tantas economías en un periodo de más de veinte años da una luz sobre la versatilidad de un modelo de EWS frente a cambios importantes en las condiciones macro y microeconómicas de un país.

Con lo anterior, se establece que el EWS construido puede ser una herramienta aceptable para medir el grado actual de vulnerabilidad de la economía, con las limitaciones ya mencionadas. Se reitera que el Modelo Original presentó una mayor bondad de ajuste a las crisis bancarias, mientras que el Modelo alternativo con una distribución GEV se ajusta mejor al caso de las crisis cambiarias.

De esta manera, se procedió a tomar los umbrales óptimos calculados en las secciones 5.1.3. y 5.2.3., con los que se determinó qué variables dieron alerta entre Enero de 2008 y Agosto de 2009, simplemente mirando cuáles de los indicadores macroeconómicos sobrepasaba sus umbrales respectivos para cada tipo de crisis. El Cuadro 19 resume las señales que se dieron en ese periodo de la siguiente forma: En paréntesis se encuentra el mes que corresponde a la señal más fuerte (de mayor magnitud), luego está el valor de esa señal fuerte. El signo "+" indica que hay un número de señales adicionales a la más fuerte durante ese mismo periodo. Por ejemplo, se puede afirmar que en Marzo de 2008, el crecimiento de la cartera vencida alcanzó un nivel crítico de 68.04% y durante este periodo, esta señal fuerte fue acompañada por 8 señales más (crisis cambiaria)

**Cuadro 19. Señales de Alerta entre Enero 2008 y Agosto 2009**

	<i>BOP Crisis</i>	<i>Bank Crisis</i>
<i>Razón Cartera Vencida/Cartera Bruta</i>	(May 2008) 40.95% + 20	(May 2008) 40.95% + 10
<i>Cartera Vencida</i>	(Mar 2008) 68.04% + 8	(Mar 2008) 68.04% + 6
<i>Crédito Doméstico Bruto como % del PIB (real)</i>	(2008 Q1) 72.19%	(2008 Q1) 72.19%
<i>Exportaciones</i>	(Abr 2009) -27.7% + 6	(Nov 2008) -27.7% + 10
<i>Tasa de Cambio Real (ITCR)</i>	(Jun 2008) -4.865% + 4	(Oct 2007) -4.865% + 2
<i>Reservas Internacionales</i>	(Abr 2008) -7.15%	n.a.
<i>Producción Industrial USA</i>	(Jun 2009) -13.28% + 10	(Jun 2009) -13.28% + 11
<i>CC como %PIB</i>	(2008 Q4) -3.27%	n.a.
<i>Precio Acciones</i>	(Nov 2008) -34.19% + 2	(Nov 2008) -34.19% + 2
<i>Producción Manufacturera</i>	(Abr 2009) -15.14% + 6	(Abr 2009) -15.14% + 6
<b>Prob no condicional</b>	<b>62.5%</b>	<b>57.1%</b>

El cuadro 19 muestra también que durante este periodo reciente se encuentran dando señal de alerta 10 indicadores para crisis cambiaria y 8 para crisis bancaria. Las probabilidades no condicionadas en este caso señalan que Colombia se encuentra en un estado potencial como para que surja una crisis cambiaria con una probabilidad del 62.5%. La potencialidad para las crisis bancarias está en el 57.1%

También se puede decir con esta información que existe la posibilidad de que ocurra una crisis cambiaria o bancaria causada por: 1) Una sobreapreciación real de la moneda (el índice de tasa de cambio real se encuentra casi 5 puntos por debajo de su tendencia); 2) una situación de rápido crecimiento del endeudamiento del país y de la cartera morosa de los bancos; y 3) una desaceleración de la actividad real de la economía, evidenciada en tasas de crecimiento negativas en la producción manufacturera, la valorización de las empresas y el desempeño exportador. Así mismo, si los efectos de contagio estuvieran presentes, la tasa de crecimiento negativa del IPI de USA en Junio de este año indicaría que la

caída en las exportaciones a lo largo de 2009 guarda relación con el bienestar estadounidense.

Como se dijo en un principio, estos resultados no apuntan hacia una ocurrencia absoluta de crisis, sólo alertan sobre comportamientos en las variables que se asemejan a los que tomaron en las vísperas de crisis anteriores, comportamientos que es mejor en todo caso controlarlos.

Por último, es pertinente recordar que si bien la economía colombiana de los ochenta es distinta a la de los noventa y mucho más diferente que la de los primeros años del siglo XXI, ya el modelo ha demostrado una capacidad de predicción considerable para la crisis de los ochenta y la crisis de finales de los noventa de manera simultánea, indicando que el modelo apunta a aquellos síntomas comunes a ambos episodios críticos de la economía colombiana. Por lo tanto, los resultados expuestos en el cuadro 19 tienen relevancia para hacerse una idea acerca de la situación actual de la economía colombiana, si bien no son indicadores absolutos de ocurrencia de crisis.

## 6. Conclusiones

Se ha realizado la aplicación de un sistema de indicadores de alerta temprana de crisis (EWS) para el caso colombiano, tomando como base la metodología propuesta por Kaminsky-Lizondo-Reinhart.

En primera instancia, se identificaron dos episodios críticos en la historia colombiana: la crisis de 1983-1985 y la crisis de 1998-1999, ambas caracterizadas por un deterioro del desempeño del sector externo colombiano y la consecuente quiebra de buena parte del sector bancario. En general, ambas crisis estuvieron precedidas por una política monetaria laxa, como bien lo indica la tasa de crecimiento del multiplicador del M2; una apreciación exagerada de la moneda, reflejada en un comportamiento negativo de las exportaciones y el deterioro de los términos de intercambio. Por otro lado, los bancos se hacían más vulnerables a la situación cambiaria a medida que el endeudamiento y el incumplimiento de los pagos de créditos crecían más rápido. Una recesión en el sector real fue también parte del escenario que antecedió a ambas crisis.

La pérdida de reservas internacionales por parte del Banco de la República se hizo más notoria en la crisis de la década de los ochenta en comparación a la que se dio a finales de los noventa.

Basado en lo anterior, se pudo medir la efectividad de ambos EWS en términos del número de alertas y el número de meses antes de la crisis en los que esas alertas se manifestaban. Para ambos tipos de crisis (cambiarías y bancarias), se obtuvo que aproximadamente el 70% de los indicadores se encontraba dando alerta en la antesala de esos episodios críticos. También

se halló que las primeras alertas se prendieron por lo menos con un año de anterioridad. De esta manera, los EWS demostraron ser una herramienta aceptablemente efectiva para predecir las crisis en el caso colombiano. El modelo original se desempeñó mejor en la predicción de crisis bancarias, mientras que el modelo GEV obtuvo mejores resultados para el caso de las crisis cambiarias.

Por consiguiente, se hizo un diagnóstico de la situación reciente de la economía nacional y se hallaron dos problemas: un sector externo frágil, caracterizado por un peso sobreapreciado y un detrimento en el desempeño exportador; así como un riesgo creciente en el sector financiero al crecer cada vez más rápido el endeudamiento global y la cartera vencida como activos de los bancos. La metodología arroja entonces que, para mayo de 2009, hay 62.5% y 57.1% de probabilidad (no condicional) de ocurrencia de crisis cambiaria y bancaria en un marco de 24 meses, respectivamente.

Por último, hay que destacar que, a pesar de las limitaciones del ejercicio, el sistema probó ser conveniente para el análisis macroeconómico de las crisis en el caso colombiano. No obstante, sería soberbio decir que la aplicación realizada no es susceptible de mejorarse: en primera instancia, se complementó la metodología de datación de crisis utilizando la teoría de los valores extremos que se propone en el documento de Lestano y Jacobs (2004). De esta manera y aplicando la conciliación en las metodologías de datación de crisis cambiarias, se espera mejorar el modelo en términos de los problemas de normalidad y la falta de consenso en la definición de los índices de turbulencia mencionados en el trabajo de Queijjeiro y otros (2007). Por otro lado, el modelo podría ser ampliado para incluir elementos de contagio en la predicción de las crisis, es decir, evaluar la influencia que tienen variables de entorno como el crecimiento económico y la inflación de socios comerciales importantes, el comportamiento del precio de los

*commodities*, y el incremento en el riesgo financiero a nivel global. Sería ésta una forma de cuantificar qué tan vulnerable ha sido y podría ser Colombia ante choques externos adversos. Varios enfoques econométricos se han aplicado no sólo a la alerta temprana sino también a la detección de relaciones contagiosas entre los mercados financieros. En tercer lugar, una definición más completa de las crisis bancarias sería una excelente extensión a este trabajo en futuras aproximaciones. Demirgüç-Kunt y Detragiache (1997) identifican los costos de recuperación estimados por las entidades bancarias, así como el número de nacionalizaciones y quiebras de bancos como componentes en la definición de las crisis bancarias. Así mismo, Colombia no es la única economía emergente que puede presentar problemas en el mercado financiero tras la crisis sucedida en Estados Unidos, por lo que un ejercicio interesante sería llevar a cabo una aplicación multilateral del modelo como ya lo hicieron Kaminsky y Reinhart (1999).

## **7. Referencias Bibliográficas**

**Calvo, S. & C. Reinhart (1996).** 'Capital Inflows to Latin America: Is There Evidence of Contagion Effects' en: *Private Capital Flows to Emerging Markets*, Guillermo Calvo, Morris Goldstein, and Eduard Hochreiter, eds., (Washington, DC: Institute for International Economics, 1996).

**Clements, K. W., H. Y. Izan & E. A. Selvanathan (2005).** "Stochastic Index Numbers: A Review." Economics Program Discussion Paper No. 05.08, The University of Western Australia.

**Demirgüç-Kunt, A. & E. Detragiache (1997).** "The Determinants of Banking Crises: Evidence from industrial and developing countries", *Policy Research Working Paper 1828*, The World Bank, Washington D.C.

**Duttagupta, R. & P. Cashin (2008).** "The Anatomy of Banking Crises", IMF Working Paper 93, International Monetary Fund, Washington D.C.

**Eichengreen, B., A.K. Rose & C. Wyplosz (1995).** 'Exchange Rate Mayhem: the antecedents and the aftermaths of speculative attacks', en *Economic Policy*, **21**, 251-312.

**Eichengreen, B., A.K. Rose & C. Wyplosz (1996).** 'Contagious Currency Crises', en *Scandinavian Journal of Economics*, **98**(4), 463-484.

**Frankel, J. & A.K. Rose (1996).** 'Currency Crashes in emerging markets: an empirical treatment', en *Journal of International Economics*, **41** (3-4), 351-366.

**Gençay, R., Selçuk, F. & A. Ulugülyagci (2002).** 'EVIM: A software package for Extreme Value Analysis in MATLAB' Working Paper, University of Windsor, Ontario.

**Guerrero, G. (2008).** 'Evaluación del desempeño de modelos VaR usando la teoría de valores extremos en mercados emergentes y desarrollados', Universidad Complutense de Madrid. Trabajo de investigación 08/007

**Kaminsky, G. (2000).** 'Currency and Banking Crises: The Early Warning of Distress', Working Paper, George Washington University.



**Kaminsky, G. (2006).** 'Currency Crises: Are They All the Same?' *Journal of International Money and Finance*, **25**, 503-527

**Kaminsky, G., S. Lizondo & C. Reinhart (1998)** 'Leading Indicators of Currency Crises', *IMF Staff Papers* 45/1, International Monetary Fund, Washington D.C.

**Kaminsky, G. & C. Reinhart (1998).** 'Financial Crises in Asia and Latin America: Then and Now', en *American Economic Review*, **88** (2), 444-448.

**Kaminsky, G. & C. Reinhart (1999).** 'The Twin Crises: the causes of banking and balance-of-payments problems', en *American Economic Review*, **89** (3), 473-500.

**Krugman, P. (1979).** 'A model of Balance-of-Payments Crises', *Journal of Money, Credit and Banking* **11**, 311-325.

**Lestano & J. Jacobs (2003).** 'Indicators of Financial Crises do work! An early-warning system for six Asian countries', *Working Paper*, Department of Economics, University of Groningen.

**Lestano & J. Jacobs (2004).** 'A comparison of currency crises dating methods: East Asia 1970-2002', *CCSO Working Paper #2004/12*, Department of Economics, University of Groningen.

**Lilliefors, H. W. (1967).** 'On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown', *Journal of the American Statistical Association*, **62**, 399-402.

**Minsky, H. (1975).** John Maynard Keynes. Columbia University Press.

**Queijero, S., P. Álvarez, J. Pérez y C. Pardo (2007).** '¿Qué identifican los indicadores de crisis cambiarias? Una nota metodológica sobre la identificación empírica de crisis cambiarias', *Tribuna de Economía*, ICE. Madrid, España, 297-309

**Sachs, J., A. Tornell & A. Velasco (1996).** 'Financial Crises in Emerging Markets: The Lessons from 1995"', *Brookings Papers in Economic Activity*, No.1, pp. 147-215

**Serrano, C. (2004).** 'Comparación de las dos últimas crisis bancarias en Colombia', *Universidad Eafit*, Medellín.

**Tsay, R. (2002).** Analysis of Financial Time Series: Financial Econometrics. University of Chicago. John Wiley & Sons, Inc. (Capítulo 7)

**Zhang, Z (2001).** 'Speculative Attacks in the Asian Crisis', IMF Working Paper 189, International Monetary Fund, Washington D.C.

***ANEXO: Series Utilizadas en la construcción de los indicadores.***

- *Crecimiento Anual del Multiplicador del M2: Medios de Pago, M2, en millones de pesos, mensual desde marzo de 1979; Base Monetaria, en millones de pesos, mensual desde 1979.*
- *Crecimiento anual de los depósitos financieros del público: Pasivos sujetos a encaje de las entidades financieras, millones de pesos, mensual desde enero de 1982.*
- *Tasa de Interés real colombiana: Tasa de interés nominal de los CDTs a 90 días, promedio mensual desde mayo de 1980; Variación porcentual anual del IPC, mensual desde enero de 1980.*
- *Diferencial entre las tasas de interés de los préstamos y los depósitos: Tasa de interés de colocación del Sistema Financiero, promedio mensual desde enero de 1986; tasa de interés de los CDTs a 90 días.*
- *Crecimiento anual de la razón Cartera Vencida-Cartera Bruta: Cartera Vencida y Cartera Bruta del Sector Financiero, millones de pesos, mensual desde junio de 1989. Banco de la República – Superintendencia Financiera*
- *Crecimiento anual de la Cartera Vencida: Cartera Vencida del Sector Financiero.*
- *Crecimiento Anual de la Razón M2-Reservas: M2, Reservas Internacionales Netas del Banco de la República, millones de pesos, mensual desde enero de 1980.*
- *Crecimiento anual del Crédito Doméstico como porcentaje del PIB real: Crédito Doméstico Bruto, millones de pesos, mensual desde 1980, trimestralizado y deflactado por el IPC base 1994; PIB real a precios de*

- 1994, millones de pesos, trimestral desde 1979-1T (empalme de las metodologías base 1975, base 1994, base 2000 y base 2005: DANE).
- *Crecimiento anual de las exportaciones*: Exportaciones totales, millones de dólares FOB, mensual desde enero 1979.
  - *Crecimiento Anual de las importaciones*: Importaciones Totales, millones de dólares CIF, mensual desde enero de 1980.
  - *Desviaciones de la Tasa de Cambio Real de su tendencia*: Índice de la Tasa de Cambio Real, deflactado por el IPP, mensual desde enero de 1979; tendencia del ITCR (componente tendencial hallado con software Demetra 2.2).
  - *Crecimiento Anual de los Términos de Intercambio*: Términos de Intercambio base 1994, mensual desde enero de 1980. Los términos de intercambio se obtienen hallando el cociente entre el índice de los precios al productor (IPP) de los productos exportados con el IPP de los precios importados, SIIU a 4 dígitos.
  - *Crecimiento Anual de las reservas internacionales*: Reservas Internacionales Netas.
  - *Diferencial Tasas de Interés Interna y Externa*: Tasa de interés de los CDTs a 90 días; Tasa de interés de los CDs (secondary market) estadounidenses a 3 meses, promedio mensual desde enero de 1979. Ambas tasas de interés fueron deflactadas por la tasa de inflación anual correspondiente para obtener un diferencial de tasas de interés reales.
  - *Saldo en Cuenta Corriente como porcentaje del PIB real*: Cuenta Corriente, millones de dólares, convertida a millones de pesos, deflactada por el IPC base 1994, trimestral desde 1996-1T; PIB real a precios de 1994.
  - *Inversión Extranjera de Largo Plazo como porcentaje del PIB real*: Inversión Extranjera Neta de Largo plazo (ingresos y liquidaciones), millones de dólares, convertida a millones de pesos, deflactada por el IPC base 1994, trimestral desde 1996-1T; PIB real a precios de 1994.

- *Crecimiento Anual del Precio de las Acciones*: Precio de las acciones, *International Financial Statistics*, mensual desde enero de 1979.
- *Crecimiento Anual de la Producción Manufacturera*: Índice de Producción Manufacturera Total, base 1990, mensual desde enero de 1981.
- *Crecimiento de la Producción Industrial en USA*: Índice de Producción Industrial de Estados Unidos, desestacionalizado, base 2002, mensual desde Enero de 1979.

La estacionalidad del Déficit Fiscal Primario como porcentaje del PIB real hacia el último trimestre de cada año generó su exclusión del análisis, pues una variable de este estilo introduce ruido en el cálculo de los umbrales óptimos y generan falsas señales de alerta.