

**Banco de México**  
**Documentos de Investigación**

**Banco de México**  
**Working Papers**

**N° 2010-17**

**Política Monetaria y Expectativas en el Mercado  
Cambiario: El Caso del Peso Mexicano-Dólar  
Estadounidense de 2005 a 2009**

**Gustavo Abarca**  
Banco de México

**Guillermo Benavides**  
Banco de México

**José Gonzalo Rangel**  
Banco de México

Diciembre 2010

La serie de Documentos de Investigación del Banco de México divulga resultados preliminares de trabajos de investigación económica realizados en el Banco de México con la finalidad de propiciar el intercambio y debate de ideas. El contenido de los Documentos de Investigación, así como las conclusiones que de ellos se derivan, son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente las del Banco de México.

The Working Papers series of Banco de México disseminates preliminary results of economic research conducted at Banco de México in order to promote the exchange and debate of ideas. The views and conclusions presented in the Working Papers are exclusively of the authors and do not necessarily reflect those of Banco de México.

# Política Monetaria y Expectativas en el Mercado Cambiario: El Caso del Peso Mexicano-Dólar Estadounidense de 2005 a 2009\*

Gustavo Abarca<sup>†</sup>  
Banco de México

Guillermo Benavides<sup>‡</sup>  
Banco de México

José Gonzalo Rangel<sup>§</sup>  
Banco de México

**Resumen:** Se examinan dos metodologías caracterizadas por diferentes propiedades en las colas de la distribución para extraer expectativas del tipo de cambio peso-dólar. Las expectativas son medidas con densidades de riesgo-neutral. Los métodos utilizados para estimar estas densidades son la Técnica de Función de Volatilidad (VFT) y el método de Valor Extremo Generalizado (GEV). Comparamos estos métodos en el contexto de anuncios de política monetaria en México y en Estados Unidos. Una vez que consideramos el componente sorpresivo de los anuncios, los resultados indican que, aunque ambos VFT y GEV sugieren una dinámica similar en el centro de la distribución, estos métodos muestran patrones significativamente diferentes en las colas de la distribución. Nuestra evidencia empírica muestra que el modelo GEV captura mejor los valores extremos.

**Palabras Clave:** Tipos de cambio, política monetaria, densidades de riesgo-neutral.

**Abstract:** We examine two approaches characterized by different tail features to extract market expectations on the Mexican peso-US dollar exchange rate. Expectations are gauged by risk-neutral densities. The methods used to estimate these densities are the Volatility Function Technique (VFT) and the Generalized Extreme Value (GEV) approach. We compare these methods in the context of monetary policy announcements in Mexico and the US. Once the surprise component of the announcements is considered, our results indicate that, although both VFT and GEV suggest similar dynamics at the center of the distribution, these two methods show significantly different patterns in the tails. Our empirical evidence shows that the GEV model captures better the extreme values.

**Keywords:** Exchange rates, monetary policy, risk-neutral densities.

**JEL Classification:** C14, E44, E58, F31.

---

\*Agradecemos a Ana Luisa Mexicano, Luis Mejía y Pablo Bravo por su excelente asistencia en esta investigación. Estamos también agradecidos con Carlos Capistrán, Santiago García, así como con los participantes en los seminarios del Banco de México, de la Conferencia XI JOLATE en San Luis Potosí y del ITAM por sus útiles comentarios. Las opiniones presentadas en el presente documento de investigación son exclusivamente responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco de México. Una versión anterior del presente documento de investigación recibió el Premio Nacional de Derivados 2010 del Mercado Mexicano de Derivados (MexDer).

<sup>†</sup> Dirección General de Investigación Económica. Email: gabarca@banxico.org.mx.

<sup>‡</sup> Dirección General de Investigación Económica. Email: gbenavid@banxico.org.mx.

<sup>§</sup> Dirección General de Investigación Económica. Email: jgrangel@banxico.org.mx.

## 1. Introducción

La estimación de la Densidad de Riesgo-Neutral (RND por sus siglas en inglés) es de interés fundamental en varias aplicaciones financieras. Por ejemplo, las RNDs son ampliamente utilizadas para medir las expectativas no observables de los mercados sobre precios de activos. Medir tales expectativas podría ser útil no solamente para valorar activos, hacer coberturas y manejar riesgos, sino también para el análisis de decisiones de política y sus mecanismos de transmisión (ver, entre otros, Bernanke y Kuttner (2005) y Taylor (2005)). En efecto, una medida de las expectativas del mercado permite a los hacedores de política evaluar la reacción del mercado a los principales eventos económicos y seguir las implicaciones de ciertas decisiones de política económica, tales como acciones de política monetaria por parte de un banco central (Mc Manus (1999), Bernanke y Kuttner (2005), y Castrén (2005)).

Hoy en día existe una gran variedad de métodos utilizados para extraer las densidades de riesgo-neutral (ver Bates (1991), Rubinstein (1994), Bahra (1997), Melick y Thomas (1997), y Aït-Sahalia y Lo (1998)).<sup>1</sup> Sin embargo, aparte de la falta de consenso acerca de una metodología dominante, hay considerablemente menos estudios que examinen su desempeño en días de alta actividad en el mercado asociada con la llegada de noticias económicas. Excepciones recientes son Castrén (2005) y Figlewski y Birru (2010).<sup>2</sup> El primer estudio se enfoca en RNDs asociadas con mercados de divisas (*Foreign Exchange Market*, FX) en los países de Europa del Este y en su respuesta a las sorpresas sobre noticias locales y extranjeras. El segundo documento examina el comportamiento de las RNDs en el mercado de valores de los Estados Unidos en los días cuando la Reserva Federal anuncia su objetivo futuro para la tasa de interés de los fondos federales (*the federal funds rate*, FFR). No obstante, ninguno de estos estudios compara diferentes metodologías. Mientras el segundo aplica la nueva metodología de Figlewski (2009), el primero utiliza la metodología de Malz (1997). En este sentido, una comparación práctica de las metodologías es de especial interés en días cuando la información fundamental se da a conocer en

---

<sup>1</sup> Taylor (2005) enumera varias propiedades deseables para la estimación de la RND. No obstante, la mayoría de los investigadores utilizan un método de estimación específico basado en la disponibilidad de datos, la exactitud, una estimación consistente, la estabilidad de los parámetros estimados, entre otros.

<sup>2</sup> Melick y Thomas (1997) y Soderlind (2000) también examinan la respuesta de las RNDs a eventos económicos; sin embargo, ellos se enfocan en episodios de crisis financieras y no en los anuncios macroeconómicos programados.

el mercado, porque estos días muestran diferentes patrones en términos de la distribución de los precios de los activos y por lo tanto, los supuestos implícitos en cada metodología pueden afectar la apropiada caracterización de estos patrones.<sup>3</sup>

El presente documento de investigación contribuye a abordar este problema, comparando las dos metodologías mencionadas en el contexto de eventos de política monetaria que nos permiten vincular noticias acerca de fundamentos económicos con cambios en la expectativa de las cotizaciones cambiarias. Nos enfocamos en el caso del peso mexicano para evaluar las implicaciones de estas metodologías.<sup>4</sup> El Mercado del peso mexicano–dólar estadounidense es interesante por varias razones: 1) los contratos de opciones de esta divisa ofrecen un conjunto razonable de precios de ejercicios, 2) los mercados financieros de México y los Estados Unidos están bien sincronizados en términos de horarios de operación, y 3) el alto nivel de la integración comercial entre las dos economías hace interesante la evaluación del efecto de las noticias de política monetaria de las dos economías sobre el tipo de cambio.

Otra contribución importante del presente documento de investigación es la medición de los choques de política monetaria en México a partir de los contratos de futuros sobre tasas de interés. En particular, aplicamos el enfoque de Kuttner (2001) no solamente para medir los choques de política monetaria en los Estados Unidos, sino también para extraer las señales de cambios en la evaluación de cambios futuros en la política monetaria del Banco Central de México (Banxico).<sup>5</sup> En este sentido, mientras que en los Estados Unidos los datos sobre los contratos de futuros sobre la tasa de interés de los fondos federales están disponibles, en México solamente hay contratos de futuros sobre una tasa de interés de referencia (la Tasa Interbancaria de Equilibrio o TIIE), que caracteriza las condiciones de financiamiento en el mercado interbancario local. Sin embargo, encontramos una correlación contemporánea muy alta entre los

---

<sup>3</sup> La literatura sobre los anuncios y los efectos de las noticias sobre diferentes momentos del rendimiento de activos es amplia. Algunos ejemplos incluyen a Andersen y Bollerslev (1998), Jones, Lamont y Lumsdaine (1998), Flannery y Protopapadakis (2002), Andersen, Bollerslev, Diebold, y Vega (2003), Bomfim (2003), y Rangel (2009), entre otros.

<sup>4</sup> Otros estudios que han estimado RNDs para el peso mexicano incluyen a Díaz de León y Casanova (2004) y Benavides y Mora (2008). No obstante, ninguno de ellos examina el efecto de los anuncios programados de la política monetaria sobre las RNDs.

<sup>5</sup> El enfoque de Kuttner (2001) para medir los choques de política monetaria a partir de los precios de futuros ha sido aplicado en un número de estudios que examinan los datos de los Estados Unidos, incluyendo a Bernanke y Kuttner (2005) y Gurkaynak, Sack, y Swanson (2007). Además, Hamilton (2009) concluye que los precios de futuros proporcionan un excelente indicador de los cambios diarios en las expectativas del mercado de los cambios a corto plazo en la política de la FED.

cambios en la tasa de interés objetivo del banco central y los cambios en la TIIIE. Este coeficiente de correlación es de un orden de magnitud de aproximadamente 0.99 para la muestra completa y de aproximadamente 0.93 para los días de anuncios. Por lo tanto, argumentamos que en los días de anuncios de política monetaria, los cambios de los futuros sobre la TIIIE principalmente reflejan cambios en las expectativas del mercado sobre la política monetaria del Banco de México. En términos generales, la aplicación de la metodología de Kuttner al caso de México proporciona una nueva medida para los choques locales de política monetaria y por lo tanto contribuye a la discusión sobre el uso de la información de alta frecuencia de los mercados de tasa de interés local para medir tales choques.

Nuestros resultados muestran evidencia de que los cambios en el tipo de cambio peso mexicano–dólar estadounidense responden de manera significativa a las sorpresas de la política monetaria.<sup>6</sup> Este hallazgo proporciona una motivación empírica para nuestra estrategia de estudio de eventos que se enfoca en estos días para evaluar las metodologías para estimar RNDs. En este sentido, nuestros resultados indican que, para este tipo de cambio, tanto la Técnica de Función de Volatilidad (*Volatility Function Technique*, VFT) postulada por Malz (1997), como la metodología de Valor Extremo Generalizado (*Generalized Extreme Value*, GEV) propuesto por Figlewski (2009), sugieren una dinámica similar en el centro de la distribución; sin embargo, estos dos enfoques llevan a patrones significativamente diferentes en las colas de la distribución. En efecto, nuestra evidencia empírica sostiene que el GEV captura mejor los valores extremos de la distribución alrededor de los días de eventos de política monetaria, dado su procedimiento único que permite explicar colas de la distribución más largas y asintóticamente mejor comportadas. Estos hallazgos son robustos al controlar por el componente de sorpresa del anuncio, que es medido aplicando la metodología de Kuttner (2001) para ambos países.

La estructura de este documento de investigación es la siguiente. La Sección 2 proporciona un breve resumen de la literatura y discute las metodologías utilizadas para obtener las RNDs. La Sección 3 presenta una breve explicación de los datos. La Sección 4 explica el análisis del estudio

---

<sup>6</sup> Esta evidencia se basa en una regresión de series de tiempo que solamente incorpora sorpresas de los Estados Unidos. Puesto que una tasa objetivo como un instrumento de política ha sido implementado en México solamente a partir del año 2004, los datos de las sorpresas sobre la tasa objetivo en México son muy pocos para realizar inferencias estadísticas confiables.

de eventos. Una comparación empírica detallada de los dos métodos analizados también es presentada en esta sección. Finalmente, la Sección 5 concluye.

## 2. Revisión de la Literatura y Metodología

### 2.1. Definición de densidades de riesgo-neutral

La idea de estimar RNDs a través de los precios de las opciones fue postulada por primera vez por Breeden y Litzenberger (1978), motivada por la creencia de que existe una rica fuente de información financiera a futuro en los mercados de derivados. Una manera de extraer esta información es la estimación de una distribución de probabilidad implícita de un activo a partir de los precios observados de los contratos de opciones sobre tal activo, que son comerciados en estos mercados financieros. Sin embargo, dado que los modelos utilizados para estimar estas probabilidades emplean una medida martingala equivalente a la probabilidad objetiva (real) que fija los precios de los activos como si los agentes fueran neutrales-al-riesgo, la densidad de probabilidad resultante se llama la densidad de riesgo-neutral.<sup>7</sup>

Breeden y Litzenberger (1978) demostraron que la RND puede ser extraída a partir de los precios de opciones de compra (o de venta). En particular, si el valor de una opción de compra es definido como:

$$c(X, T) = \int_X^\infty e^{-rT} (S_T - X) f(S_T) dS_T, \quad (1)$$

donde  $c$  se refiere al precio de la opción de compra,  $X$  es el precio de ejercicio,  $T$  es el plazo al vencimiento,  $r$  es la tasa de interés libre de riesgo,  $S_T$  es el precio *spot* del activo subyacente al vencimiento de la opción y  $f(S_T)$  representa la función de probabilidad riesgo-neutral del precio del activo subyacente. Calculando la segunda derivada parcial de la función del precio de compra  $c(X, T)$  con respecto a los diferentes precios de ejercicio ( $X$ ), obtenemos:

$$\frac{\partial^2 c(X, T)}{\partial X^2} = e^{-rT} f(X). \quad (2)$$

Reordenando esta expresión, es posible obtener la siguiente definición:

---

<sup>7</sup> Por supuesto, esto no significa que se tenga el supuesto de que los inversionistas sean neutrales-al-riesgo.

$$f(X) = e^{rT} \left( \frac{\partial^2 c(X, T)}{\partial X^2} \right), \quad (3)$$

donde  $f(X)$  es la densidad de riesgo-neutral. El supuesto de que la función de precio de la opción de compra es continua para el rango de precios de ejercicio es problemático dado que en la práctica solamente algunos precios están disponibles o son observados. Tomando en cuenta esta limitación, Shimko (1993) propuso un método de interpolación utilizando los precios de ejercicio disponibles. En una investigación subsecuente, Malz (1997) propuso interpolar entre las volatilidades implícitas (utilizando el enfoque de Garman y Kohlhagen (GK) (1983)) y la delta, que es la sensibilidad del precio de la opción con respecto a los cambios en el precio del activo subyacente. En este caso, la delta tiene que pasar a través de por lo menos tres puntos de la “sonrisa de volatilidad”, como será explicado con más detalle en la Subsección 2.1.1. Una ventaja del método de Malz es que éste puede ser fácilmente aplicado a las opciones de tipo de cambio. Esto es porque los operadores comercian la volatilidad implícita como una función de la delta. Por consiguiente, datos duros sobre la volatilidad implícita están siempre disponibles, lo cual puede ser utilizado para una interpolación más suave.

Aparte de dar un pronóstico de estimación puntual para los momentos de un activo subyacente específico, las estimaciones de las RNDs también proporcionan información acerca de toda la distribución de los precios de los activos esperada por el mercado, así como del sentimiento del mercado. Por ejemplo, si un tipo de cambio muestra RNDs con un sesgo que sea sistemáticamente positivo a través del tiempo, la interpretación es que el mercado está asignando mayor probabilidad al evento de que una de las divisas se deprecie (o continúe depreciándose) en el futuro cercano.

Tomando en cuenta la evidencia actual, se podría asumir que, desde un punto de vista teórico, la estimación de la RND puede ser vista como un enfoque parsimonioso y confiable para capturar la creencia del mercado acerca de la distribución futura del precio de un activo. El presente documento de investigación compara los resultados de dos métodos conocidos (no-paramétrico y paramétrico) para extraer RNDs para los tipos de cambio en el contexto de los anuncios de política monetaria.

### 2.1.1. La técnica de función de volatilidad

La técnica de función de volatilidad (VFT) fue postulada originalmente por Malz (1997). Él extendió la idea propuesta por Shimko (1993), en la que la aplicación de los métodos de interpolación a los precios de ejercicio permite recuperar la RND. El método de Shimko sugiere una función parabólica para estimar una curva para la función de volatilidad implícita con respecto a los precios de ejercicio, es decir, la curva de “sonrisa de volatilidad”. La idea detrás de este método es estimar una función “suavizada” de la sonrisa de volatilidad implícita, a partir de relativamente pocos precios de ejercicio (cinco o menos) con una función parabólica, para después generar precios de opción de compra suavizados utilizando la fórmula de Black y Scholes (BS) (1973).

Con los precios estimados de compra y venta, la RND puede ser extraída aplicando el enfoque anteriormente definido de Breeden y Litzenberger (1978). La principal diferencia con respecto al método de Shimko es que el modelo de Malz no utiliza una función parabólica para estimar la curva de la sonrisa, sino que, en cambio, aplica las volatilidades implícitas de estrategias de opciones (*risk reversals* y *strangles*).<sup>8</sup> El objetivo es estimar una curva que ajuste a la volatilidad implícita con la delta para después calcular los precios de opciones de compra a través de ella utilizando BS o GK.<sup>9</sup>

El enfoque de Malz (1997) estima una RND al interpolar la curva de la sonrisa. Específicamente, la interpolación puede ser llevada a cabo en términos de las volatilidades implícitas determinadas a partir de las expectativas del mercado. Las volatilidades implícitas consideradas son: 1) en-el-dinero (*at-the-money*, atm), donde el precio a futuro (*forward*,  $F$ ) equivale al precio de ejercicio; 2) *risk reversal* ( $rr$ ); y 3) *strangle* ( $str$ ). Para los tipos de cambio éstas fueron tomadas de las

---

<sup>8</sup> *Risk reversal* es una estrategia a través de opciones que está construida a partir de una posición larga en una opción de compra fuera-del-dinero (*out-of-the-money*, OTM) y una posición corta en una opción de venta OTM, ambas con el mismo plazo al vencimiento (el inversionista desea incrementos extremos en el tipo de cambio para obtener una ganancia). *Strangle* es otra estrategia común a través de opciones de divisas, que consiste en tomar una posición larga en una opción de compra OTM y una posición larga en una opción de venta OTM, ambas con el mismo plazo al vencimiento (el inversionista desea movimientos extremos en cualquier dirección del tipo de cambio para obtener una ganancia). Las opciones son OTM debido a su precio más bajo.

<sup>9</sup> Malz argumentó que su método es más exacto para modelar datos financieros dado que las volatilidades implícitas de las estrategias a través de opciones, como *risk reversals* y *strangles*, capturan las expectativas del mercado con respecto a la verosimilitud relativa de depreciaciones del tipo de cambio (sesgo implícito) y eventos extremos (exceso de curtosis implícita).



negociaciones del mercado. Las volatilidades implícitas de las estrategias de opciones anteriormente mencionadas para una delta de 25 en teoría pueden ser obtenidas en términos de las volatilidades implícitas de opciones de compra y venta en-el-dinero (*atm*) y fuera-del-dinero (*otm*) con delta 25 como sigue.

Definamos  $rr$  como:

$$rr_t^{25\Delta} = \sigma_t^{(\Delta_{0.25}^c)} - \sigma_t^{(\Delta_{0.25}^p)}, \quad (4)$$

y  $str$  como:

$$str_t^{25\Delta} = 0.5 \left[ \sigma_t^{(\Delta_{0.25}^c)} + \sigma_t^{(\Delta_{0.25}^p)} \right] - \sigma_t^{ATM}. \quad (5)$$

Escribiendo la volatilidad ( $\sigma$ ) como una función cuadrática de la delta ( $\delta$ ), es posible obtener la siguiente curva de la sonrisa:<sup>10</sup>

$$\sigma(\delta) = atm - 2rr(\delta - 0.5) + 16str(\delta - 0.5)^2. \quad (6)$$

Una vez que esta curva es obtenida se lleva a cabo una transformación, en la cual la volatilidad implícita puede ser expresada en términos del precio de ejercicio ( $X$ ) y no en términos de delta. Así, la definición de la función delta es la siguiente:

$$\delta = e^{-r_f T} * N \left( \frac{\ln \left( \frac{F_t}{X} \right) + \left( \frac{\sigma^2}{2} \right) T}{\sigma \sqrt{T}} \right), \quad (7)$$

donde  $F_t$  es el precio a futuro. La Ecuación 7 es sustituida en la Ecuación 6 y luego la Ecuación 8 es obtenida,

$$\sigma(\delta) = atm - 2rr(e^{-r_f T} * a_1 - 0.5) + 16str(e^{-r_f T} * a_1 - 0.5)^2, \quad (8)$$

donde  $a_1$  equivale a  $N \left( \frac{\ln \left( \frac{F_t}{X} \right) + \left( \frac{\sigma^2}{2} \right) T}{\sigma \sqrt{T}} \right)$ . Para estimar la función de densidad para el activo

subyacente, el resultado de Breeden y Litzenberger (1978) es aplicado aquí. Así, reemplazando estas expresiones en la Ecuación 3, es posible estimar la función de probabilidad para el activo subyacente, la cual se expresa de la siguiente manera:

---

<sup>10</sup> La  $\delta$  se define como la sensibilidad del precio de la opción ante un cambio en el precio *spot* del activo subyacente.

$$f(S_T) = e^{rT} \left[ F \left( b_1 + n(d_1)d_1 \left( \frac{1}{Xv\sqrt{T}} \right)^2 \right) - X \left( b_2 + n(d_2)d_2 \left( \frac{1}{Xv\sqrt{T}} \right)^2 \right) \right], \quad (9)$$

donde  $b_1$  equivale a  $\left( \frac{n(d_1)}{X^2v\sqrt{T}} \right)$ , y  $b_2$  es  $\left( \frac{n(d_2)}{X^2v\sqrt{T}} \right)$ ,

$$d_1 = \frac{\ln \left( F_t/X \right) + \left( \frac{v^2}{2} \right) T}{v\sqrt{T}},$$

$$d_2 = \frac{\ln \left( F_t/X \right) - \left( \frac{v^2}{2} \right) T}{v\sqrt{T}},$$

$n(x)$  es la función de densidad normal y  $v$  representa la volatilidad implícita de la opción, lo que hace que la Ecuación 8 sea igual a cero. Finalmente, utilizando diferentes valores de  $X$ , es posible extraer la RND a través de precios de opciones.

Varios estudios han aplicado la VFT. Por ejemplo, Bliss y Panigirtzoglou (2002) extrajeron RNDs para el índice bursátil FTSE-100 y para posiciones cortas en futuros de la libra esterlina. Después de una comparación extensiva con otros métodos de estimación, ellos concluyeron que el método de VFT muestra mejor bondad de ajuste y estabilidad de los parámetros. Sin embargo, ellos encontraron que las colas de la distribución de las RNDs eran significativamente inestables para los métodos analizados (VFT y la mezcla de lognormales). Asimismo, Benavides y Mora (2008) encontraron resultados cualitativamente similares para ambos métodos, pero los aplicaron para el caso del tipo de cambio peso mexicano–dólar estadounidense. Estos resultados no deberían ser subestimados, dado que una cola inestable podría complicar el análisis del Valor-en-Riesgo. Por otro lado, Mc Manus (1999) encontró que la VFT no era tan precisa como el método de mezcla de lognormales, el cual mostró una bondad de ajuste más alta para el caso de las opciones de eurodólares. Micu (2004) extrajo RNDs para las divisas de doce mercados emergentes con respecto al dólar estadounidense. Entre otros métodos, aplicó el método de VFT y concluyó que había una disyuntiva entre la precisión de la bondad de ajuste y la estabilidad de los parámetros. Castrén (2005) utilizó este método para examinar RNDs para divisas de países de Europa del Este en los días de publicaciones de información económica.

### 2.1.2. Valor extremo generalizado

Basándose en las Ecuaciones 1-3, Figlewski (2009) sugiere que la  $f(X_n)$  puede ser aproximada utilizando un enfoque numérico como sigue:

$$f(X_n) \approx e^{rT} \frac{c_{n+1} - 2c_n + c_{n-1}}{(\Delta X)^2}, \quad (10)$$

donde  $n$  es el valor transversal de la opción con el mismo plazo al vencimiento. Extrayendo de un conjunto de precios de opciones de compra con precios de ejercicio entre  $X_2$  y  $X_{N-1}$  ( $N$  se refiere al número total de precios de ejercicio relevantes para las  $n$  opciones), es posible obtener la porción relevante de la RND. Para ajustar las colas de la distribución de las RNDs, Figlewski (2009) sugiere una aplicación de la Teoría del Valor Extremo (*Extreme Value Theory*, EVT) que deriva una distribución límite para los eventos extremos. Esta es la distribución estándar del Valor Extremo Generalizado (GEV), que tiene un parámetro ( $\xi$ ) que determina la forma de la cola de la distribución. La función de distribución GEV puede ser formalmente definida como:

$$F(z) = \exp[-(1 + \xi z)^{-1/\xi}]. \quad (11)$$

Como ha sido explicado en McNeil et al. (2005), la distribución del valor extremo es generalizada en el sentido de que la forma paramétrica depende principalmente del valor de  $\xi$ . Cuando  $\xi > 0$ , la distribución es del tipo Fréchet, que posee colas más pesadas que la distribución normal; cuando  $\xi = 0$ , es una distribución del tipo Gumbel que muestra colas similares a la distribución normal; y cuando  $\xi < 0$ , tenemos el caso de una distribución del tipo Weibull que tiene colas (con un extremo finito) más pequeñas que la distribución normal.

Para fijar la posición y la escala de la distribución, otros dos parámetros son introducidos. Utilizando la notación  $\mu$  para la posición y  $\sigma$  para la escala, la siguiente expresión define la variable estandarizada:

$$z = \frac{S_T - \mu}{\sigma}. \quad (12)$$

Puesto que podemos fijar tres parámetros de GEV, es posible imponer tres condiciones sobre la cola. Siguiendo la notación de Figlewski (2009), utilizamos las expresiones  $F_{EVL}(\cdot)$  para denotar la aproximación para la cola izquierda de la distribución GEV y  $F_{EVR}(\cdot)$  para denotar la aproximación equivalente para la cola derecha (donde los subíndices  $L$  y  $R$  se refieren a las colas

izquierda y derecha, respectivamente). Las funciones correspondientes de densidad son expresadas como  $f_{EVL}(\cdot)$  y  $f_{EVR}(\cdot)$ . Finalmente,  $F_{EMP}(\cdot)$  y  $f_{EMP}(\cdot)$  se refieren a la distribución riesgo-neutral empírica y la función de densidad riesgo-neutral empírica, respectivamente.

Para el cuantil  $\alpha$  de la distribución riesgo-neutral, establecemos  $X(\alpha)$  para denotar el precio de ejercicio relevante, es decir  $F_{EMP}(X(\alpha)) = \alpha$ . El procedimiento consiste en escoger el valor de  $\alpha$  donde se supone debe comenzar la cola de la distribución GEV y después escogemos un punto más extremo en la cola, que es útil para hacer coincidir la forma de la cola GEV con aquella de la RND empírica. Otra vez, de acuerdo con Figlewski (2009),  $\alpha_{0R}$  y  $\alpha_{1R}$  denotan los puntos relevantes en la cola derecha, y  $\alpha_{0L}$  y  $\alpha_{1L}$ , los puntos correspondientes en la cola izquierda. No existe una regla única para escoger los valores de  $\alpha_0$  y  $\alpha_1$ . Sin embargo, las limitaciones impuestas a fin de poder calcular la RND empírica en ambos puntos son  $X_2 \leq X(\alpha_{1L})$  y  $X(\alpha_{1R}) \leq X_{N-1}$ . Cabe señalar que el GEV ajustará la cola del extremo más largo de una distribución dada mejor que la cola más cercana. Entonces, hay una disyuntiva entre la calidad y la disponibilidad de los datos. A este respecto, la calidad favorecería los valores menos extremos de  $\alpha_0$  y  $\alpha_1$  con relación a un ajuste de la cola que favorezca valores más extremos.

Para ajustar la cola superior de la RND, es necesario imponer tres condiciones. La primera requiere que la probabilidad total en la cola sea la misma tanto para la aproximación GEV como para la RND; y, para tener la misma forma para la RND y la densidad GEV (donde las dos se traslapan), el método aplica otros dos grados de libertad para ajustar las dos densidades equivalentes a  $\alpha_{0R}$  y  $\alpha_{1R}$ . Así, las tres condiciones para la cola derecha son las siguientes:

$$F_{EVR}(X(\alpha_{0R})) = \alpha_{0R}, \quad (13)$$

$$f_{EVR}(X(\alpha_{0R})) = f_{EMP}(X(\alpha_{0R})), \quad (14)$$

$$f_{EVR}(X(\alpha_{1R})) = f_{EMP}(X(\alpha_{1R})). \quad (15)$$

Utilizando procedimientos de optimización estándares, es posible encontrar los valores del parámetro GEV para satisfacer estas condiciones.

Dado que el GEV es la distribución de los valores máximos en una muestra, su cola derecha está relacionada con las probabilidades de tales valores máximos. Con el fin de ajustar la cola izquierda, es necesario invertir el signo y definir la distribución GEV en  $-z$ . La elección inicial era conectar las colas izquierda y derecha en valores  $\alpha_0$  de 5% y 95%, respectivamente. Sin

embargo, para las opciones del tipo de cambio que analizamos, los precios del mercado para las opciones con los precios de ejercicio relevantes no siempre estuvieron disponibles para ambas colas. Por consiguiente, hemos escogido los valores de  $\alpha_{0L} = 0.05$  y  $\alpha_{0R} = 0.92$ , con  $\alpha_{1L} = 0.02$  y  $\alpha_{1R} = 0.95$  como los puntos relevantes de conexión. En los casos donde no hubo datos disponibles para estos valores  $\alpha$ , establecemos  $\alpha_{1L} = F_{EMP}(X_1) + 0.02$ , el punto de conexión más bajo disponible de los datos, y  $\alpha_{0L} = \alpha_{1L} + 0.03$ . Para la cola derecha,  $\alpha_{1R} = F_{EMP}(X_N) - 0.02$ , y  $\alpha_{0R} = \alpha_{1R} - 0.03$ .

### 3. Datos

#### 3.1. Tipos de cambio y tasas de interés

Los datos para el tipo de cambio consisten en cotizaciones para precios spot y de futuros diarios obtenidos de la base de datos financiera de Banco de México “SIE” y el Mercado Mexicano de Derivados (MexDer), respectivamente.<sup>11</sup> Los datos diarios para el tipo de cambio peso mexicano–dólar estadounidense consisten en promedios diarios de las cotizaciones ofrecidas por los principales bancos mexicanos y otros intermediarios financieros. Los precios de futuros considerados son cotizaciones de los contratos comercializados cercanos al vencimiento en el MexDer. Los tipos de cambio spot, así como las volatilidades implícitas de *atm*, *rr*, y *str* se obtuvieron de datos del banco de inversión UBS.<sup>12</sup> Estas cotizaciones de las volatilidades implícitas son un promedio ponderado de las operaciones principales que UBS y otras instituciones financieras realizaron en el mercado formal (*over-the-counter*) de opciones de divisas peso mexicano–dólar estadounidense. UBS obtiene un sondeo de opinión de varias transacciones y proporciona una lectura representativa del mercado. Las cotizaciones están en unidades llamadas *vols*, siguiendo las convenciones normalmente expresadas por corredores financieros. Esta base de datos está disponible únicamente para suscriptores. La volatilidad

---

<sup>11</sup> Banco de México es el Banco Central de México, con página web: <http://www.banxico.org.mx>. La página web de MexDer es <http://www.mexder.com.mx>.

<sup>12</sup> Los datos de la volatilidad implícita son tomados de las cotizaciones hechas sobre la volatilidad y no sobre los precios de opciones. En otras palabras, son datos duros para volatilidad. Es práctica común entre los operadores de opciones comerciar con las cotizaciones de volatilidad en los mercados de opciones del tipo de cambio (Ver Malz (1997), y Cooper y Talbot (1999) para más detalles).

implícita en-el-dinero considera una delta de 50, *risk reversal* y *strangles* están asociados con una delta 25. Estas son las más comunes en este tipo de operaciones. Utilizamos las volatilidades implícitas para dos tipos de vencimientos: tres semanas y un mes. Para la estimación de la RND nos enfocamos en el vencimiento a un mes. Sin embargo, también consideramos un vencimiento más corto (de tres semanas) para las pruebas de robustez.<sup>13</sup> El periodo de muestra bajo análisis incluye casi cuatro años de datos diarios, desde el 2 de septiembre de 2005 hasta el 30 de junio de 2009.

Los datos sobre las tasas de interés consideran dos tipos de series. Para analizar los cambios en la postura de la política monetaria, utilizamos datos de las tasas de interés objetivo a un día (*overnight*) del Banco Central. Estos datos son publicados por el Banco de México y la Reserva Federal (FED), respectivamente. Las series fueron descargadas de sus respectivas páginas web.<sup>14</sup> En México, el objetivo de la tasa de interés a un día ha sido revelado oficialmente a partir de enero de 2008. Cuando no hay datos de esta tasa de interés en México (es decir, antes de 2008), la tasa de interés a un día del Bono del Gobierno Federal es utilizada en su lugar. Esta es una buena *proxy* dado que cada vez que Banco de México anunciaba su nivel de tasa de interés deseado, las tasas de interés del Gobierno Federal reaccionaban inmediatamente al comunicado. Estas tasas han cambiado en la dirección adecuada y en el mismo orden de magnitud en los días de anuncios, durante el periodo en el que ambos están disponibles. Por ejemplo, si Banco de México relajaba su nivel deseado de la tasa de interés en 50 puntos base, hemos observado un decremento de 50 puntos base en la tasa de interés a un día del Bono del Gobierno Federal en el mismo día del anuncio.

Para estimar las RNDs, utilizamos las tasas de descuento libres de riesgo locales y extranjeras, que consisten en las tasas de interés diarias del mercado secundario a 28 días de los Certificados de Depósito de México (CDs), obtenidas de la misma fuente y los CDs de los Estados Unidos con maduración equivalente, obtenidas de la página web de la Reserva Federal (FED). Escogemos

---

<sup>13</sup> Comparando entre diferentes modelos de pronósticos de volatilidad, Benavides y Capistrán (2009) muestran que las volatilidades implícitas de opciones a tres semanas, dentro de un modelo de combinación condicional, fueron las más exactas en términos de predecir la volatilidad realizada para el tipo de cambio peso mexicano - dólar estadounidense.

<sup>14</sup> La página web de FED es <http://www.federalreserve.gov/>. La página web de Banco de México fue proporcionada en la nota al pie 11.

estas tasas de interés porque ellas son altamente líquidas en el mercado secundario y podemos encontrar el vencimiento relevante para nuestro estudio (es decir, un mes).

## **4. Eventos de la Política Monetaria del Tipo de Cambio y la Tasa de Interés**

### **4.1. Análisis del estudio de evento**

Como ha sido mencionado anteriormente, realizamos un análisis detallado de varias situaciones relacionadas con las acciones de la política monetaria del banco central. Para México y los Estados Unidos, consideramos estas acciones como eventos en los cuales los bancos centrales decidieron cambiar (o no cambiar) la tasa de interés objetivo. Para el caso de cambios, los clasificamos como movimientos a la alza y a la baja. Por lo tanto, tenemos tres escenarios posibles en términos de las acciones de política monetaria sobre la tasa de interés objetivo. El banco central puede decidir reducir la tasa de interés objetivo, incrementarla o no cambiarla en absoluto.

Después de identificar los movimientos de la tasa de interés, consideramos el efecto de las sorpresas sobre las RNDs estimadas. Las sorpresas son medidas a partir de los precios de futuros de la tasa de interés de los fondos federales (*Federal Funds Rate*, FFR), siguiendo la metodología de Kuttner (2001). Los datos acerca de tales contratos sobre futuros de la tasa de interés son obtenidos del *Chicago Board of Trade* para el caso de los Estados Unidos. Para el caso de México, no hay contratos de futuros sobre la tasa objetivo. Sin embargo, podemos extraer información acerca de la expectativa de la tasa de interés de México de los contratos de futuros sobre una tasa de referencia (la Tasa Interbancaria de Equilibrio o TIIE), que refleja las condiciones de financiamiento en el mercado interbancario de México. Estos contratos son los más líquidos de todos los que se comercializan en el MexDer. Suponiendo que en los días de anuncios de política monetaria, las variaciones en las expectativas acerca de esta tasa principalmente reflejan los cambios en la expectativa del mercado sobre la política monetaria del Banco de México, las utilizamos para medir sorpresas de la política monetaria. Este supuesto está respaldado por una alta correlación (0.93) entre los cambios en la TIIE y los cambios en la tasa

objetivo en los días de anuncios de Banxico. Siguiendo la metodología de Andersen et al. (2003), formalmente definimos una sorpresa como la diferencia estandarizada entre la realización y la expectativa. Una expectativa será el pronóstico obtenido a partir de los datos de futuros ( $\hat{y}$ ) y la realización es lo que en realidad ocurrió ( $y$ ). Las sorpresas pueden ser clasificadas como positivas o negativas. Una sorpresa positiva ocurre cuando la expectativa es más baja que la realización ( $y > \hat{y}$ ). Por ejemplo, si un incremento de 25 puntos base en la tasa de interés objetivo era esperado, y el incremento real fue de 50, entonces tenemos una sorpresa positiva de 25 puntos base. En cambio, una sorpresa negativa ocurre cuando la realización es más baja que una expectativa ( $y < \hat{y}$ ), por ejemplo, si un incremento de 25 puntos base en la tasa de interés objetivo era esperado y el incremento real fue 0, entonces tenemos una sorpresa negativa de 25 puntos base. Como ha sido discutido en Andersen et al. (2003), es probable que, para algunos anuncios macroeconómicos específicos, el signo de la sorpresa (positivo o negativo) afectará las fluctuaciones del tipo de cambio (y/o las expectativas del tipo de cambio) de manera asimétrica; es decir, las sorpresas positivas pueden tener impactos diferentes de los que tienen las sorpresas negativas sobre las expectativas del tipo de cambio. Basados en esta y otras fuentes antes mencionadas de la literatura, también analizamos la respuesta de las RNDs a las sorpresas positivas y negativas para medir las asimetrías en la formación de las expectativas cambiarias cuando ocurre un choque de política. En nuestro estudio, también consideramos escenarios de episodios de no sorpresas (es decir, aquellos donde las expectativas son equivalentes a las realizaciones).

A fin de estar de acuerdo con la literatura reciente sobre las sorpresas medidas con información de los mercados de futuros, relacionamos tres escenarios posibles (movimiento al alza, movimiento a la baja y no cambio en las tasas de interés objetivo) con sorpresas en el mercado y su impacto sobre nuestras RNDs estimadas. De acuerdo con la metodología de Kuttner (2001), una sorpresa de política monetaria a un día se define de la siguiente manera:

$$\Delta \check{r}_t^u = \frac{m}{m-t} (F_{s,t}^0 - F_{s,t-1}^0) \quad (16)$$

donde  $\check{r}_t^u$  es definida como la tasa de interés no esperada en el tiempo  $t$ ,  $\Delta$  es definido como el cambio,  $m$  es el número de días en el mes y,  $t$  es el día del anuncio. Entonces,  $m-t$  es la diferencia en días entre el final del mes y el día de anuncio de la política monetaria.  $F_{s,t}^0$  es el rendimiento



del contrato sobre futuros para un contrato con el plazo al vencimiento más corto en el día después de que el anuncio es hecho por parte del banco central correspondiente. La fórmula anterior captura una sorpresa a un día, puesto que involucra diferencias en los futuros de las tasas de interés ajustadas al tiempo de vencimiento del contrato de futuros después del día del anuncio. Dada la naturaleza de los mercados de derivados orientada hacia el futuro, la medida propuesta puede ser considerada como un cambio en expectativas (ver Evans y Kuttner (1998), y Kuttner (2001)). Además, de acuerdo a Hamilton (2009), los cambios en los precios de futuros a corto plazo son una medida excelente para medir cambios en las expectativas del mercado de la política a corto plazo de la FED. Él también demuestra que estas sorpresas están bien descritas por un proceso estocástico martingala en diferencias y que es bastante razonable interpretarlas como variables que señalan cambios en la perspectiva del mercado sobre cambios futuros en la política monetaria de los Estados Unidos.

En el presente estudio, nos enfocamos en un periodo de tiempo que considera los anuncios de la tasa de interés objetivo en México, a pesar de que este tipo de anuncios empezó varios años antes en los Estados Unidos (a principios de la década de 1990). Básicamente, consideramos el periodo 2005-2009, ya que en días anteriores no existe un esquema de objetivos de la tasa de interés en México. Además, durante el periodo estudiado, comparamos la información de ambos bancos centrales en términos de anuncios de la tasa de interés para distinguir entre las sorpresas de las tasas de interés en México y los Estados Unidos. Durante este mismo periodo de tiempo, hay varios eventos que vamos a analizar. El Cuadro 1 presenta los datos de estos eventos. Las primeras tres columnas están asociadas con el caso de México, mientras que las últimas tres están relacionadas con el caso de los Estados Unidos. Las columnas uno y cuatro muestran los datos específicos de los anuncios.<sup>15</sup> Las columnas dos y cinco muestran la decisión de incrementar, bajar o no cambiar la tasa de interés objetivo. También presentamos el cambio relevante en puntos base de la tasa de interés objetivo correspondiente.

Empezamos con un periodo de tiempo de cinco días hábiles bursátiles antes y después del anuncio. Si los anuncios para ambos bancos centrales están relativamente cercanos uno del otro y se traslapan dentro de estos intervalos de cinco días, entonces consideramos también ventanas

---

<sup>15</sup> En México el anuncio es llevado a cabo a las 9:00 AM del Tiempo Central de México (también el Tiempo Central de los Estados Unidos). En los Estados Unidos el anuncio se realiza en general a las 2:15 PM del Tiempo de la Costa Este.

más pequeñas para controlar por diferentes perfiles de los eventos que se traslapan para ambos bancos centrales. Como un mínimo, permitimos el día del anuncio más/menos una ventana de dos días hábiles bursátiles. Así, si los anuncios para ambos bancos centrales están separados por menos de dos días hábiles bursátiles, entonces eliminamos el evento por completo, porque en tales casos es difícil aislar los efectos de la publicación de cada banco. Para la interpretación de los Cuadros 3-5, utilizamos notaciones para días anteriores, durante y posteriores al anuncio. Por ejemplo,  $X_0 - i$ ,  $X_0$ ,  $X_0 + i$ , donde  $X_0$ , es el día del anuncio  $X_0 - i$  o  $X_0 + i$  es el  $i$ -ésimo día antes (-) o después (+) del anuncio. Además, este procedimiento sirve para aislar el efecto del anuncio de cada banco central y para evitar contaminación de la decisión de un banco central a los otros días, cuando los anuncios están muy cercanos uno del otro.

Antes de la estimación de las RNDs, para ambas técnicas buscamos posibles efectos estadísticos de las sorpresas sobre los cambios en el tipo de cambio. La idea es investigar si las sorpresas afectan estadísticamente los movimientos en el tipo de cambio peso mexicano–dólar estadounidense. Por consiguiente, corremos una regresión de la tasa de depreciación del peso mexicano sobre las sorpresas de la política monetaria de los Estados Unidos calculada a partir de los futuros de FFR siguiendo la metodología anteriormente explicada. La regresión se plantea formalmente como:

$$\Delta x r_t = \alpha + \beta \text{surprise}_t + \mu_t \quad (17)$$

donde  $\Delta x r_t$  representa la tasa de depreciación para el peso mexicano–dólar estadounidense,  $\text{surprise}_t$  es una medida de la sorpresa de la política monetaria de la FED en el día  $t$ , calculada a partir de la Ecuación 16, y  $\mu_t$  representa un término con media igual a cero que se supone no está correlacionado con las sorpresas.<sup>16</sup> Tomamos en cuenta solamente los anuncios de la FED, dado que las series de tiempo son considerablemente más largas. Como ha sido explicado anteriormente, Banco de México comenzó a publicar su nivel de tasa de interés objetivo a finales de septiembre de 2005. Consideramos un periodo de muestra desde enero de 1996 hasta junio de 2009. Hay 3,447 observaciones diarias y durante ese periodo de tiempo hubo 112 eventos de política monetaria. El Cuadro 2 muestra los resultados de esta regresión. Ellos indican que hay un impacto estadísticamente significativo de las sorpresas de la FED sobre la tasa de depreciación

---

<sup>16</sup> Nótese que las sorpresas son igual a cero en los días de no anuncios.

del tipo de cambio. El estadístico  $t$  claramente rechaza la hipótesis nula de que el coeficiente beta sea igual a cero.

Algo de intuición puede darse acerca del signo negativo del coeficiente estimado de la pendiente. Por ejemplo, cuando una sorpresa es positiva (es decir, una realización es más alta que una expectativa), deberíamos esperar una tasa de depreciación negativa; en otras palabras, una apreciación del peso mexicano con respecto al dólar estadounidense. Una posible explicación es que los incrementos en la tasa de interés normalmente están asociados con periodos de no recesión en los Estados Unidos. Como sabemos, la economía Mexicana depende considerablemente de las exportaciones a los Estados Unidos (casi 80% de las exportaciones mexicanas se dirigen a los Estados Unidos). Si la economía de los Estados Unidos no está afrontando problemas de crecimiento, las perspectivas de crecimiento de la economía mexicana, así como sus exportaciones a los Estados Unidos serían más favorables. Por consiguiente, una apreciación de la divisa mexicana es consistente con esta intuición. Por otro lado, si la sorpresa es negativa (es decir, una tasa objetivo es más baja de lo esperado), podríamos relacionarlo a un periodo de crecimiento lento (o negativo) en los Estados Unidos, cuando la tasa de interés objetivo podría haber sido reducida más de lo que el mercado esperaba, a fin de estimular la economía. Bajo este escenario, se puede esperar que el peso mexicano se deprecie (dado el signo negativo del coeficiente) porque una economía débil de los Estados Unidos probablemente está asociada con una demanda más baja de los productos mexicanos en los Estados Unidos. Estamos conscientes de que estos argumentos pueden depender de otras interacciones económicas, cuyo análisis sobrepasa el propósito del presente documento de investigación. Únicamente destacamos aquí el resultado empírico y dejamos la discusión teórica para un trabajo futuro.

#### **4.2. Análisis de la técnica de función de volatilidad vs. el método de valor extremo generalizado**

##### **Medidas centrales y análisis de tipo de cambio**

Existe una clara tendencia hacia movimientos a la alza más extremos en el tipo de cambio peso mexicano–dólar estadounidense para el periodo estudiado, especialmente alrededor de la crisis financiera de 2008. Esto puede ser observado en la Figura 1, que muestra el comportamiento de

esta serie de tiempo desde 1995 (cuando el peso mexicano empezó a flotar en relación al dólar estadounidense) hasta 2009. La crisis financiera de 2008 causó una depreciación significativa del tipo de cambio de aproximadamente 55%. Durante nuestro periodo revisado, el valor más alto fue 15.37 pesos por dólar (registrado en marzo de 2009) en comparación con el valor más bajo de alrededor de 9.92 pesos por dólar (registrado en agosto de 2008). La diferencia entre estos dos valores sugiere una depreciación de aproximadamente 55%. Como vamos a demostrar, el patrón de los movimientos extremos a la alza en el tipo de cambio puede ser capturado de manera diferente por los métodos aquí analizados para estimar RNDs.

Para examinar el comportamiento de estos métodos en los días de eventos de política monetaria, primero vemos los resultados en el centro de la distribución. El Cuadro 3 presenta la correlación entre las medidas centrales estimadas a partir de las densidades tanto por el método GEV, como el de VFT. Como se muestra en este cuadro, los escenarios a la baja, a la alza y de no cambio en las tasas de interés son considerados. Dados estos escenarios, los coeficientes de correlación son estimados para sorpresas positivas, negativas o no sorpresas a partir de la metodología de Kuttner (2001), como ha sido mencionado anteriormente. La primera columna presenta el periodo en días antes o después del anuncio, es decir, cinco días antes ( $X_0 - 5$ ) del día del anuncio y hasta cinco días ( $X_0 + 5$ ) después del día del anuncio, controlando por el traslape de eventos, como ha sido explicado anteriormente. Los resultados sugieren que la correlación entre las medidas centrales es relativamente alta, indicando que las medidas centrales extraídas de las dos RNDs estimadas muestran una dinámica similar en el centro de la distribución en los días de eventos analizados.

### **Análisis de la cola derecha**

Afirmamos que las diferencias principales entre ambos métodos se notan en las colas de la distribución. Para hacer un análisis comparable sobre los extremos de las distribuciones, ajustamos las colas de la distribución del método VFT utilizando la teoría de valores extremos (exactamente como fue aplicado al método GEV). Estimamos el parámetro de las colas asociado con los resultados VFT. El parámetro que caracteriza la forma de la cola de la distribución bajo la metodología GEV es llamado épsilon ( $\epsilon$ ) y el parámetro de la cola equivalente para la metodología VFT es xi ( $\xi$ ). En el Cuadro 4 se pueden observar los resultados relevantes para la cola derecha de la distribución, que caracteriza los movimientos extremos a la alza observados en la Figura 1. En este cuadro, así como en los otros que presentamos, mostramos por separado los

resultados para dos tipos de eventos: 1) una decisión de política monetaria por parte de Banco de México, y 2) una decisión de política monetaria por parte de la FED. La primera columna presenta el número de observaciones para estos casos de tasa de interés. La segunda columna muestra si tenemos una situación de una baja, de una alza o de no cambio en la tasa de interés objetivo, considerando un anuncio de cada banco central. La tercera (y novena) columna describe cuál método implica colas de la distribución más pesadas; es decir, qué parámetro de la cola fue más grande en magnitud. Por ejemplo, en la tercera columna, para el caso de México,  $\varepsilon$  fue más grande en 89% de las ocasiones (ver séptima columna). La cuarta columna muestra cómo son clasificados los resultados basándose en el sesgo (asimetría estadística) de la distribución y el signo de los estimadores de la cola de la distribución. Las columnas 5 y 6 muestran los resultados bajo esta clasificación para los métodos GEV y VFT, respectivamente. Así, una vez que el sesgo es observado, se presenta la comparación de los dos métodos en términos de los parámetros de las colas de la distribución. Por ejemplo, cuando la estrategia del Banco de México es bajar la tasa de interés objetivo, el método GEV muestra una cola derecha más pesada que VFT en 89% de los casos (ver séptima columna). De esta proporción, 92% ocurrió cuando el sesgo es positivo (séptima columna) y, en este contexto, en el 100% de los casos el método GEV sugiere colas de la distribución más pesadas que aquéllas de la distribución normal ( $\varepsilon$  es positivo), como se puede observar en la quinta columna.<sup>17</sup> El parámetro  $\zeta$  sugiere colas más pesadas en el 82% de los casos.

Cuando analizamos la cola derecha de la distribución (Cuadro 4), podemos observar que, cuando el parámetro pareto del método GEV es más grande que el parámetro relevante de la VFT (esto ocurre en la mayoría de los casos); es decir, GEV tiene colas más pesadas que VFT, el sesgo de la distribución implícita es positivo (un sesgo a la derecha). Adicionalmente, este comportamiento ocurre cuando los parámetros de las colas son positivos (es decir, cuando indican colas más pesadas que las de la distribución normal). Es importante notar que  $\varepsilon$  siempre es positivo. La implicación aquí es que cuando el mercado da una mayor probabilidad a un incremento en el tipo de cambio (una depreciación del peso mexicano), el método GEV ajustará mejor. Por otro lado, cuando el parámetro pareto del método VFT es mayor que el del método GEV, el sesgo y el signo de los parámetros son negativos (como en el caso de la distribución Weibull). Esto implica

---

<sup>17</sup> Recordemos de la Subsección 2.1.2. que cuando el parámetro de la cola es positivo, tenemos el caso de tipo Frechet, que tiene colas más pesadas que la distribución normal.

que cuando hay expectativas de que el tipo de cambio va a decrecer (una apreciación del peso mexicano), ambos métodos pueden capturar con precisión este tipo de comportamiento dado que ellos muestran las colas derechas menos pesadas que la distribución normal.<sup>18</sup> De forma análoga al caso de sesgo positivo, la  $\varepsilon$  siempre es negativa cuando la distribución está sesgada de forma negativa. Así, el método GEV muestra una cola derecha menos pesada que la del método VFT, dado que el GEV tiene un parámetro más negativo ( $\varepsilon$  más pequeño que  $\zeta$ ). Este comportamiento parece deseable debido a que en tales situaciones el mercado da más peso a una apreciación de la divisa mexicana y los eventos de cola derecha pueden ser menos probables. Este tipo de comportamiento es cualitativamente similar si clasificamos los resultados con base en la dirección de las sorpresas de política monetaria, como es documentado en el Cuadro 5.<sup>19</sup>

### Pruebas de robustez

Finalmente, realizamos dos pruebas de robustez. Primero, estimamos las regresiones al estilo de Birru y Figlewski (2010). La idea es examinar la sensibilidad de las colas sugerida por cada método hacia cambios inesperados en el valor del activo subyacente. Mientras más grande sea la sensibilidad de los cuantiles extremos, más ajustes necesitará el método. Así, corremos algunas regresiones de los cambios en los cuantiles de la distribución sobre los cambios en el tipo de cambio *forward*. Específicamente, para un nivel dado de  $\alpha$ , calculamos el cuantil correspondiente para cada día de la muestra. Los cambios diarios en los cuantiles son proyectados sobre los cambios correspondientes de los tipos de cambio *forward*. Estos resultados pueden ser observados en el Cuadro 8 y las Figuras 2-3. Nos enfocamos en los cuantiles más altos de la

---

<sup>18</sup> La distribución normal está asociada con un parámetro pareto igual a cero.

<sup>19</sup> Para el caso de la cola izquierda observamos resultados cualitativamente similares (Cuadros 6 y 7 en el apéndice). El parámetro  $\varepsilon$  siempre es negativo. Dado que el parámetro GEV es más pequeño, es decir, más negativo que el parámetro de VFT, el primero presenta colas menos pesadas que las de VFT. Por esta razón éste captura con más exactitud la dinámica de los datos (ver Figura 1). Además, este tipo de comportamiento también es consistente con aquél basado en los datos de sorpresas sobre futuros (Cuadro 7). El parámetro  $\varepsilon$  es más pequeño que el parámetro  $\zeta$  la mayor parte del tiempo, y siempre es negativo. Podríamos interpretar estos resultados diciendo que cuando las probabilidades de un alza en el tipo de cambio son grandes (sesgo  $> 0$ ), entonces el método GEV se adapta mejor al segundo momento. Sin embargo, cuando las probabilidades de reducciones en el tipo de cambio son grandes (sesgo  $< 0$ ), entonces el método GEV sigue siendo más atractivo, dado que el parámetro relevante está ubicado a la izquierda del parámetro de método VFT, es decir,  $\varepsilon$  es más pequeño que  $\zeta$ , lo que otra vez está en línea con los datos observados.

distribución sesgada a la derecha y en los cuantiles más bajos de la distribución sesgada a la izquierda. Los resultados sugieren que el método GEV muestra una estabilidad más grande de las colas de la distribución dados los cambios en el tipo de cambio *forward* (ver áreas sombreadas en el Cuadro 8). Esto es porque la magnitud de los coeficientes para el GEV son más pequeños y en general más estables. Para el caso del sesgo positivo, los parámetros estimados se ven “mejor comportados” en comparación con los parámetros de la VFT. Las Figuras 2 y 3 muestran que las curvas del método GEV tienen menos desviaciones de su tendencia en comparación con la curva de la VFT. Nuevamente, esto es un indicativo de mayor estabilidad para el método GEV. La interpretación es que la distribución bajo GEV no tiene que cambiar o desplazarse drásticamente dada su forma en el día anterior, una vez que la nueva información es incorporada. Los mismos resultados y conclusiones son obtenidos para el caso de sesgo negativo (ver panel inferior del Cuadro 8). La segunda prueba de robustez consiste en estimar los coeficientes de correlación entre el cambio en volatilidades implícitas y el cambio en los parámetros de forma de los métodos GEV y VFT en el día del anuncio, respectivamente. La idea es observar el signo y la magnitud de la correlación entre estas series. Se espera que los incrementos en volatilidad implícita deberían estar acompañados por incrementos en el valor del parámetro que determina la forma de la distribución. Calculamos esas correlaciones para las muestras de días de anuncios tanto de la FED, como del Banco de México. Los resultados para los eventos de la FED sugieren que, mientras bajo el método GEV esta correlación es 82%, bajo el método de VFT la correlación es solamente 62%. Para los días de anuncios de Banxico, las correlaciones sugeridas por los dos métodos son básicamente iguales (48% y 50%, respectivamente). Por consiguiente, a partir de los datos de la FED, el método GEV parece ajustar las colas de una manera más consistente, dado el comportamiento de volatilidad. La evidencia de los datos de Banxico no es concluyente.

En general, el método GEV es más consistente que el de VFT porque, si analizamos la cola derecha, cuando el parámetro del GEV es más grande y el sesgo es positivo, el parámetro de la cola del GEV siempre es positivo. Éste es el caso más relevante puesto que los datos muestran un patrón claro de movimientos extremos más frecuentes a la alza en el tipo de cambio (ver Figura 1). No observamos el mismo tipo de consistencia para el método de la VFT. Para la cola izquierda, el parámetro del GEV es más pequeño que el de VFT en la mayoría de las ocasiones y el primero siempre es negativo, mostrando el caso de una distribución Weibull, que tiene colas

(con un extremo finito) más pequeñas que las de la distribución normal. Esto se ajusta mejor con nuestros datos analizados del tipo de cambio.

## **5. Resumen y Conclusiones**

El debate actual en cuanto a cuál es el modelo más exacto para estimar las RNDs de los precios de los activos financieros ha conducido a una substancial cantidad de investigación. Muchos han comparado los métodos paramétricos vs. los no paramétricos y todavía no hay consenso sobre una metodología única superior. En el presente documento de investigación, intentamos contribuir a la literatura existente analizando y comparando dos métodos conocidos que se utilizan para extraer las RNDs de los precios de opciones. Basamos nuestro estudio tanto en un enfoque no-paramétrico, como en uno paramétrico para modelar las expectativas del tipo de cambio. Nuestros resultados son relevantes para el periodo de tiempo desde septiembre de 2005 hasta junio de 2009. El método no paramétrico que utilizamos es la Técnica de Función de Volatilidad (VFT) propuesta por Malz (1997). El método paramétrico es la metodología novedosa de Figlewski (2009), que aplica la teoría del Valor Extremo Generalizado (GEV) para básicamente ajustar las colas de una distribución paramétrica conocida (como la utilizada para la valuación del tipo Black-Scholes). Usamos un estudio de eventos de política monetaria para comparar estos métodos. En particular, analizamos los eventos de política monetaria que corresponden a las fechas en las cuales el Banco Central de México y la FED publican su tasa de interés objetivo. Incorporamos el componente de sorpresa de los anuncios de cada banco central al incorporar los datos sobre los contratos de futuros sobre tasas de interés. Las similitudes y las diferencias entre la VFT y el GEV son documentadas. Este documento presenta un enfoque que es nuevo para los datos financieros mexicanos, incluyendo la medición (a partir de la información de mercado) del componente de sorpresa de los anuncios de política monetaria.

De acuerdo a nuestros resultados, podemos observar que existen similitudes importantes en el centro de la distribución. Sin embargo, encontramos que el método GEV muestra un mejor comportamiento en las colas de la distribución, sin importar si el Banco Central de México o la FED hacen el anuncio acerca de la tasa de interés objetivo. Se encuentran los mismos resultados cuando controlamos por el componente de sorpresa de las noticias de política monetaria, que es



medido a través de obtener expectativas de los contratos de futuros sobre tasas de interés. Los resultados aquí presentados son prometedores en cuanto a la exactitud de las metodologías para ajustar las colas de las RNDs en los días con una intensa actividad en el mercado, donde información económica importante es revelada. Esto se considera relevante dado que el Valor-en-Riesgo es estimado a partir de las colas de una distribución, que se asume son estables. Nuestros resultados deberían ser interpretados en el contexto de los días de anuncios de política monetaria. A este respecto, no hacemos un caso general en términos de cuál método debería ser utilizado en otras situaciones. Eso lo dejamos para investigación futura.

## Referencias

Aït-Sahalia, Y., y Lo, A. (1998). Nonparametric Estimation of State-Price Densities Implicit in Financial Asset Prices. *Journal of Finance*, 53, 499-547.

Andersen T. G., y Bollerslev T. (1998). Deutsche Mark-Dollar Volatility: Intraday Activity Patterns, Macroeconomics Announcements, and Longer Run Dependencies. *Journal of Finance*, 53, 219-265.

Andersen T. G., Bollerslev T., Diebold F. X. y Vega C. (2003). Effects of Macro Announcements: Real-time Price Discovery In Foreign Exchange. *American Economic Review*, 93, 38-62.

Bahra, B. (1997). Implied Risk Neutral Probability Density Functions from Options Prices: Theory and Application. Bank of England. Documento de Investigación No. 66.

Bates, D. S., (1991). The Crash of '87: Was It Expected? The Evidence from Options Markets. *Journal of Finance*, 46, 1009-44.

Benavides, G. y Capistrán, C. (2009). Forecasting Exchange Rate Volatility: The Superior Performance of Conditional Combinations of Time Series and Option Implied Forecasts. Banco de México. Documento de Investigación No. 2009-01.

Benavides, G., y Mora F. I. (2008). Parametric vs. Non-Parametric Methods for Estimating Option Implied Risk-Neutral Densities: The Case of the Exchange Rate Mexican Peso - US Dollar. *Ensayos*, 27, 33-52.

Bernanke, B. S., y Kuttner K. (2005). What Explains the Stock Market's Reaction to Federal Reserve Policy? *Journal of Finance*, 60, 1221-1257.

Birru, J. y Figlewski, S. (2010). Anatomy of a Meltdown: The Risk Neutral Density for the S&P 500 in the Fall of 2008. Documento de Investigación de la NYU. Revisado feb. 2010.

Black, F. y Scholes, M. S. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81, 637-654.

Bliss, R., y Panigirtzoglou, N. (2002). Testing the Stability of Implied Probability Density Functions. *Journal of Banking and Finance*, 26, 381-422.

Bomfim, A. N. (2003). Pre-announcement Effects, News Effects, and Volatility: Monetary Policy and the Stock Market. *Journal of Banking and Finance*, 27, 133-151.

Breedon, D., y Litzenberger, R. (1978). Prices of State-Contingent Claims Implicit in Option Prices. *Journal of Business*, 51, 621-651.

Castrén, O. (2005). Estimating and Analyzing Currency Options Implied Risk-Neutral Density Functions for the Largest New EU Member Status. European Central Bank. Documento de Investigación No. 440.

Cooper, N., y Talbot, J. (1999). The Yen/Dollar Exchange Rate in 1998: Views from Options Markets. Bank of England. Documento de Investigación.

Díaz de León, A., y Casanova, M. E. (2004). Expectativas del Mercado Implícitas en los Precios de Instrumentos Derivados: Aplicaciones al Mercado Cambiario y Petrolero. Banco de México. Documento de investigación No. 2004 01.

Evans, C.L., y Kuttner, K.N., (1998). Monetary Policy Surprises and Interest Rates: Evidence from the Fed Funds Futures Market. *Journal of Monetary Economics*, 47, 523-544.

Figlewski, S. (2009). Estimating the Implied Risk-Neutral Density for the U.S. Market Portfolio. *Volatility and Time Series Econometrics: Essays in Honor of Robert F. Engle* (Eds. Tim Bollerslev, Jeffrey Rusell y Mark Watson). Oxford, UK: Oxford University Press.

Flannery, M., y Protopapadakis A. (2002). Macroeconomic Factors Do Influence Aggregate Stock Returns. *Review of Financial Studies*, 15, 751-782.

Fleming M. J., y Remolona E. M. (1999). Price Formation and Liquidity in the U.S. Treasury Market: The Response to Public Information. *Journal of Finance*, 54, 1901-1915.

Garman, M. B., y Kohlhagen, S. W. (1983). Foreign Currency Option Values. *Journal of International Money and Finance*, 2, 231-37.

Guarkaynak, R., Sack B., y Swanson E. (2005). The Sensitivity of Long-Term Interest Rates to Economic News: Evidence and Implications for Macroeconomic Models. *American Economic Review*, 95, 425-436.

Hamilton, J. D. (2009). Daily Changes in Fed Funds Futures Prices. *Journal of Money, Credit and Banking*, 41, No. 4.

Jackwerth, J. C. (2004). *Option-Implied Risk-Neutral Distributions and Risk Aversion*. Charlottesville: Fundación de Investigación de AIMR.

Jones, C., Lamont O., y Lumsdaine R. (1998). Macroeconomic News and Bond Market Volatility. *Journal of Financial Economics*, 47, 315-337.

Kuttner, K. N. (2001). Monetary Policy Surprises and Interest Rates: Evidence from the Fed Funds Futures Market. *Journal of Monetary Economics*, 47, 523-44.

Malz, A. M. (1997). Estimating the Probability Distribution of the Future Exchange Rate from Option Prices. *Journal of Derivatives*, 5, 18-36.

McManus, D. J. (1999). The Information Content of Interest Rate Futures Options. Bank of Canada. Documento de Investigación No. 99-15.

McNeil, A. J., Frey, R. y Embrechts, P. (2005) *Quantitative Risk Management. Concepts Techniques Tools*. Princeton Series in Finance.

Melick, W. y Thomas C. (1997). Recovering an Asset's Implied PDF from Option Prices: an Application to Crude Oil During the Gulf Crisis. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 32, 91-115.

Micu, M. (2004). Extracting Expectations from Currency Option Prices: A Comparison of Methods. Bank of International Settlements. Documento de Investigación. Septiembre.

Newey, W. K., y West K. D. (1987). A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econometrica*, 55, 703-70.

Rangel, J.G. (2009). Macroeconomic News, Announcements, and Stock Market Jump Intensity Dynamics. *Journal of Banking and Finance*. Por aparecer..

Rubinstein, M. (1994). Implied Binomial Trees. *Journal of Finance*, 49, 771-818.

Shimko D., (1993). Bounds of probability. *Risk Magazine*, 6, 33-37.

Soderlind, P. (2000). Market Expectations in the UK Before and after the ERM Crisis. *Economica*, 67.

Taylor, S. J. (2005). *Asset Price Dynamics, Volatility, and Prediction*. Princeton University Press.

## Cuadro 1

### Anuncios de política monetaria sobre la tasa de interés del Banco de México y de la Reserva Federal

Banco de México			Reserva Federal		
Fecha	Anuncio	Puntos base	Fecha	Anuncio	Puntos base
23-Sep-2005	Reducción tasa de interés	25	20-Sep-05	Aumento tasa de interés	25
28-Oct-2005	Reducción tasa de interés	25	01-Nov-05	Aumento tasa de interés	25
25-Nov-2005	Reducción tasa de interés	25	12-Dic-05	Aumento tasa de interés	25
09-Dic-2005	Reducción tasa de interés	50			
27-Ene-2006	Reducción tasa de interés	50	31-Ene-06	Aumento tasa de interés	25
24-Feb-2006	Reducción tasa de interés	25	28-Mar-06	Aumento tasa de interés	25
24-Mar-2006	Reducción tasa de interés	25	10-May-06	Aumento tasa de interés	25
21-Abr-2006	Reducción tasa de interés	25	29-Jun-06	Aumento tasa de interés	25
26-May-2006	Tasa de interés sin cambio		08-Ago-06	Aumento tasa de interés	25
23-Jun-2006	Tasa de interés sin cambio		20-Sep-06	Tasa de interés sin cambio	
28-Jul-2006	Tasa de interés sin cambio		25-Oct-06	Tasa de interés sin cambio	
25-Ago-2006	Tasa de interés sin cambio		12-Dic-06	Tasa de interés sin cambio	
22-Sep-2006	Tasa de interés sin cambio				
27-Oct-2006	Tasa de interés sin cambio				
24-Nov-2006	Tasa de interés sin cambio				
08-Dic-2006	Tasa de interés sin cambio				
26-Ene-2007	Tasa de interés sin cambio		31-Ene-07	Tasa de interés sin cambio	
23-Feb-2007	Tasa de interés sin cambio		21-Mar-07	Tasa de interés sin cambio	
23-Mar-2007	Tasa de interés sin cambio		09-May-07	Tasa de interés sin cambio	
27-Abr-2007	Aumento tasa de interés	25	28-Jun-07	Tasa de interés sin cambio	
25-May-2007	Tasa de interés sin cambio		07-Ago-07	Tasa de interés sin cambio	
22-Jun-2007	Tasa de interés sin cambio		18-Sep-07	Reducción tasa de interés	50
27-Jul-2007	Tasa de interés sin cambio		31-Oct-07	Reducción tasa de interés	25
24-Ago-2007	Tasa de interés sin cambio		11-Dic-07	Reducción tasa de interés	25
21-Sep-2007	Tasa de interés sin cambio				
26-Oct-2007	Aumento tasa de interés	25			
23-Nov-2007	Tasa de interés sin cambio				
07-Dic-2007	Tasa de interés sin cambio				
18-Ene-2008	Tasa de interés sin cambio		22-Ene-08	Reducción tasa de interés	75
15-Feb-2008	Tasa de interés sin cambio		30-Ene-08	Reducción tasa de interés	50
14-Mar-2008	Tasa de interés sin cambio		18-Mar-08	Reducción tasa de interés	75
18-Abr-2008	Tasa de interés sin cambio		30-Abr-08	Reducción tasa de interés	25
16-May-2008	Tasa de interés sin cambio		25-Jun-08	Tasa de interés sin cambio	
20-Jun-2008	Aumento tasa de interés	25	05-Ago-08	Tasa de interés sin cambio	
18-Jul-2008	Aumento tasa de interés	25	16-Sep-08	Tasa de interés sin cambio	
15-Ago-2008	Aumento tasa de interés	25	08-Oct-08	Reducción tasa de interés	50
19-Sep-2008	Tasa de interés sin cambio		29-Oct-08	Reducción tasa de interés	50
17-Oct-2008	Tasa de interés sin cambio		16-Dic-08	Reducción tasa de interés	75
28-Nov-2008	Tasa de interés sin cambio				
16-Ene-2009	Reducción tasa de interés	50	28-Ene-09	Tasa de interés sin cambio	
20-Feb-2009	Reducción tasa de interés	25	18-Mar-09	Tasa de interés sin cambio	
20-Mar-2009	Reducción tasa de interés	75	29-Abr-09	Tasa de interés sin cambio	
17-Abr-2009	Reducción tasa de interés	75			
15-May-2009	Reducción tasa de interés	75			
19-Jun-2009	Reducción tasa de interés	50			

Notas: Este cuadro muestra las fechas de anuncios de eventos de política monetaria, que corresponden a las variaciones en las tasas de interés objetivo por parte del Banco de México y de la Reserva Federal (FED) de los Estados Unidos desde septiembre de 2005 hasta junio de 2009. Los espacios en blanco en las columnas que corresponden a la FED se deben a los intervalos de tiempo entre anuncios. Éstos normalmente son más largos que aquéllos del Banco de México. No hay datos faltantes.

## Cuadro 2

### Regresión de la tasa de depreciación del peso mexicano–dólar estadounidense vs. sorpresas

Coefficiente $\beta$	<i>Estadístico-t</i>	<i>N</i> =3,447
-0.0058	-2.98	Eventos=112

Notas: Este cuadro muestra el coeficiente estimado de la regresión de la tasa de depreciación del peso mexicano–dólar estadounidense vs. sorpresas de política monetaria, calculadas siguiendo la metodología propuesta por Kuttner (2001), que utiliza los precios de futuros sobre la tasa de interés de los fondos federales de la FED. Se consideran errores estándar robustos siguiendo la metodología de Newey y West (1987). *N* representa el número de observaciones.

**Cuadro 3**  
**Correlaciones entre medidas centrales**

	Tasa de Interés			Sorpresas de Futuros		
	Alza	Baja	No	Positivo	Negativo	No
<b>México</b>						
[-5 a -1]	100%	50%	100%	75%	100%	100%
[-1 a 2]	67%	67%	100%	100%	100%	67%
[2 a 5]	67%	100%	100%	100%	67%	100%
<b>FED</b>						
[-5 a -1]	100%	100%	75%	100%	75%	100%
[-1 a 2]	33%	33%	67%	100%	100%	100%
[2 a 5]	100%	67%	33%	100%	100%	33%

Notas: Este cuadro presenta las estimaciones de los coeficientes de correlación entre ambas metodologías. Tres escenarios de política monetaria son considerados: movimiento a la baja, movimiento al alza y no cambios en la tasa de interés objetivo. Las sorpresas son calculadas a partir de contratos de futuros sobre tasas de interés (metodología de Kuttner (2001)). La correlación también es estimada para sorpresas positivas, negativas o no sorpresas. Definimos a las sorpresas como la diferencia entre la realización y la expectativa; es decir,  $y - \hat{y}$ ; donde  $y$  es la realización y  $\hat{y}$  es la expectativa (ver Andersen et al. (2003)). El periodo de la muestra es de septiembre de 2005 hasta junio de 2009.





**Cuadro 5**  
**Cola derecha y sorpresas de futuros**

México							FED					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N		Parámetro de la cola	Sesgo	$\epsilon$	$\xi$		N	Parámetro de la cola	Sesgo	$\epsilon$	$\xi$	
<b>71 Positivo</b>							<b>17</b>					
$\epsilon > \xi$							$\epsilon > \xi$					
negativo							negativo					
-							-					
+							+					
positivo							positivo					
-							-					
+							+					
$\xi > \epsilon$							$\xi > \epsilon$					
negativo							negativo					
-							-					
+							+					
positivo							positivo					
-							-					
+							+					
<b>77 Negativo</b>							<b>56</b>					
$\epsilon > \xi$							$\epsilon > \xi$					
negativo							negativo					
-							-					
+							+					
positivo							positivo					
-							-					
+							+					
$\xi > \epsilon$							$\xi > \epsilon$					
negativo							negativo					
-							-					
+							+					
positivo							positivo					
-							-					
+							+					
<b>41 No</b>							<b>61</b>					
$\epsilon > \xi$							$\epsilon > \xi$					
negativo							negativo					
-							-					
+							+					
positivo							positivo					
-							-					
+							+					
$\xi > \epsilon$							$\xi > \epsilon$					
negativo							negativo					
-							-					
+							+					
positivo							positivo					
-							-					
+							+					

Notas: Mismas que para el Cuadro 4. Llevamos a cabo el análisis para los casos de sorpresas de futuros definidas en el Cuadro 3.

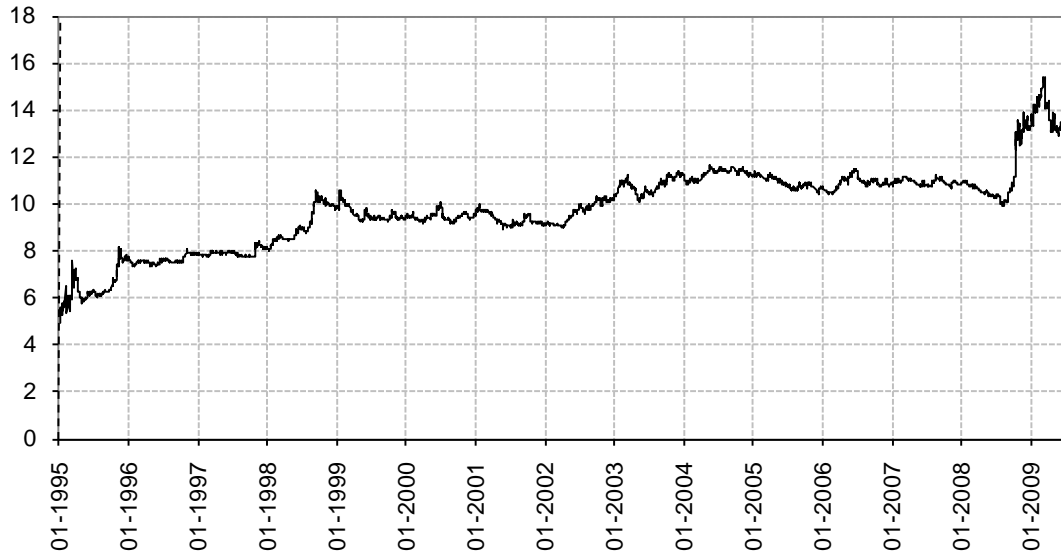
### Cuadro 8

#### Estimaciones de regresiones de cambios en los cuantiles de las distribuciones ( $Q$ ) sobre cambios del tipo de cambio *forward* ( $F$ )

		Sesgo positivo														
		1%	2%	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%
<b>GEV</b>																
coef.		0.207	0.27	0.402	0.557	0.75	0.891	1.008	1.12	1.232	1.368	1.528	1.735	1.845	1.806	1.994
err. est.		0.07	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.08	0.11	0.15	0.15
t-estad.		3.0	4.0	6.6	11.8	25.8	51.9	93.4	80.0	55.2	40.5	30.8	22.6	16.9	12.0	13.3
<b>VFT</b>																
coef.		0.29	0.38	0.46	0.57	0.69	0.80	0.91	1.01	1.12	1.28	1.47	1.78	2.10	2.47	2.72
err. est.		0.07	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.10	0.14	0.17
t-estad.		4.0	5.6	8.1	12.3	20.4	34.6	62.2	113	85.0	52.6	33.5	24.1	20.5	18.0	16.4
		Sesgo negativo														
		1%	2%	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%
<b>GEV</b>																
coef.		0.63	0.65	0.73	0.86	0.98	1.04	1.07	1.10	1.11	1.12	1.10	1.15	1.23	1.44	1.77
err. est.		0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.05	0.10	0.15	0.20	0.21
t-estad.		15.5	15.8	19.1	25.8	39.6	56.4	79.8	107	85.4	42.7	21.0	11.5	8.3	7.3	8.4
<b>VFT</b>																
coef.		0.829	0.902	0.878	0.921	0.94	0.961	1.02	1.055	1.094	1.169	1.247	1.393	1.524	1.684	1.844
err. est.		0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11
t-estad.		10.6	12.5	14.6	17.9	23.4	33.0	42.1	60.0	63.4	57.2	41.4	29.0	22.8	18.2	17.2

Notas: Este cuadro reporta las estimaciones de regresiones de cambios en los cuantiles de la distribución ( $Q$ ) sobre cambios en el tipo de cambio *forward* ( $F$ ). Los cuantiles se presentan horizontalmente como un porcentaje (la primera fila debajo del título de sesgo positivo/negativo). La primera columna detalla los métodos utilizados (GEV vs. VFT) y las estimaciones en el siguiente orden: coeficiente, error estándar y estadístico- $t$ . El periodo de la muestra bajo análisis es desde septiembre de 2005 hasta junio de 2009. El número de observaciones es 903.

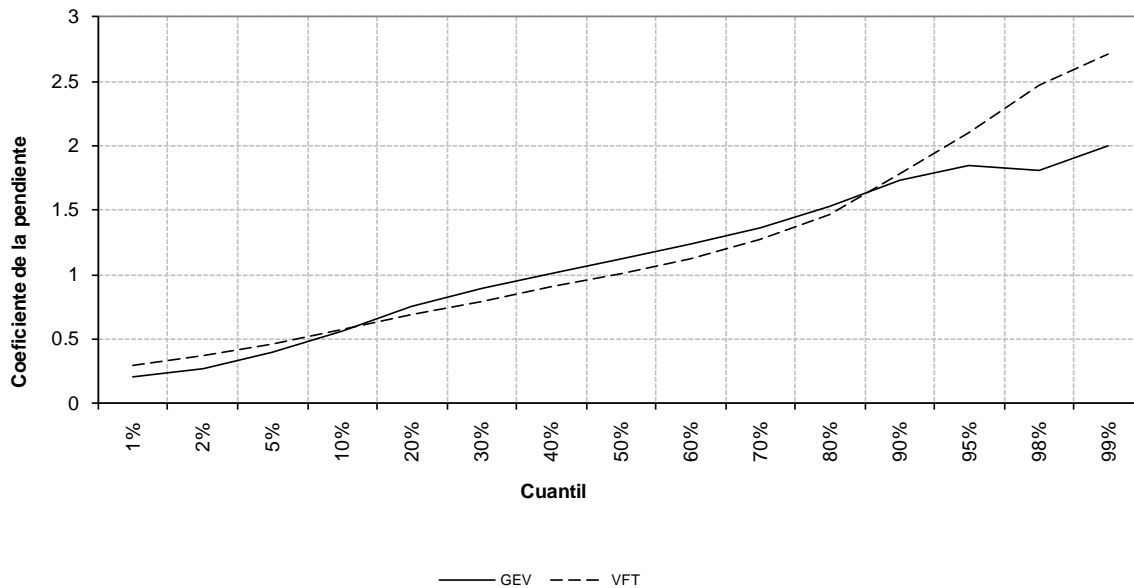
**Figura 1**  
**Tipo de cambio peso mexicano por dólar estadounidense**



Fuente: Banco de México.

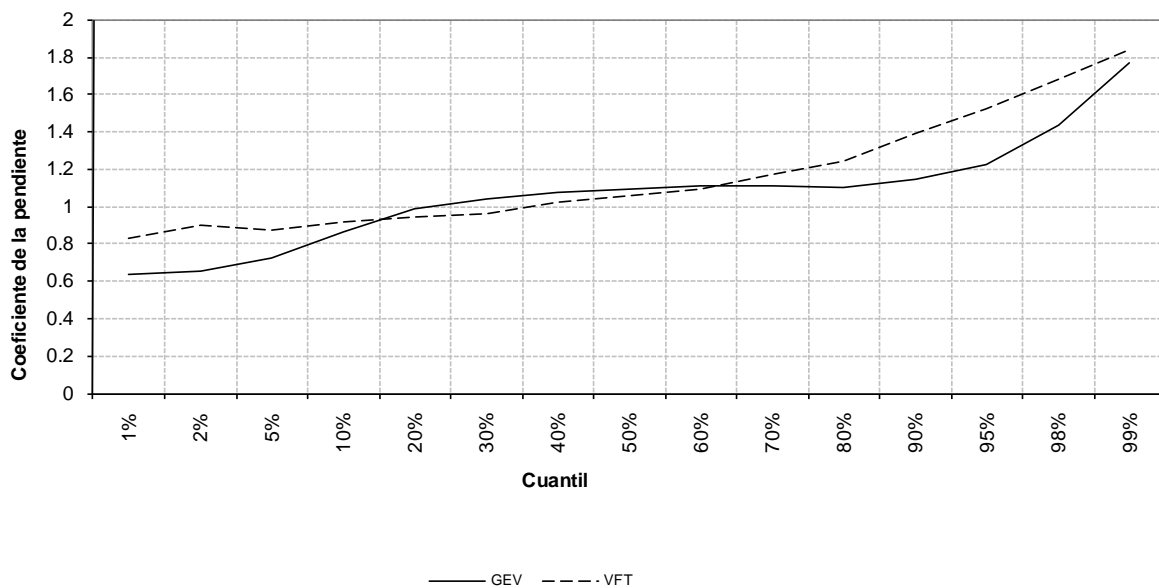
Notas: El tipo de cambio utilizado es el denominado FIX, que es publicado por el Banco de México cada día laboral en el Diario Oficial de la Federación. Este tipo de cambio representa un promedio ponderado del tipo de cambio para las transacciones en dólares estadounidenses de los principales bancos mexicanos.

**Figura 2**  
**Regresiones de los cambios en los cuantiles vs. cambios en el tipo de cambio *forward* (caso de sesgo positivo)**



Notas: Esta figura muestra las estimaciones de los coeficientes estimados de acuerdo al cuantil para el caso de sesgo positivo. Las estimaciones pueden ser observadas en el Cuadro 8.

**Figura 3**  
**Regresiones de los cambios en los cuantiles vs. cambios en el tipo de cambio *forward* (caso de sesgo negativo)**



Notas: Esta figura muestra las estimaciones de los coeficientes estimados de acuerdo al cuantil para el caso de sesgo negativo. Las estimaciones pueden ser observadas en el Cuadro 8.

## Apéndice Cuadro 6

### Cola izquierda y estrategia para la tasa de interés

		México					FED					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N		Parámetro de la cola	Sesgo	$\epsilon$	$\xi$		N	Parámetro de la cola	Sesgo	$\epsilon$	$\xi$	
55	Baja						39					
		$\epsilon > \xi$					$\epsilon > \xi$					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		13%					8%					
		$\xi > \epsilon$					$\xi > \epsilon$					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		87%					92%					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		21%					39%					
		-					-					
		+					+					
		100%					100%					
		-					-					
		+					+					
		79%					61%					
		-					-					
		+					+					
		100%					95%					
		-					-					
		+					+					
		21%					5%					
21	Alza						43					
		$\epsilon > \xi$					$\epsilon > \xi$					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		14%					-					
		$\xi > \epsilon$					$\xi > \epsilon$					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		86%					100%					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		39%					19%					
		-					-					
		+					+					
		100%					100%					
		-					-					
		+					+					
		61%					81%					
		-					-					
		+					+					
		100%					100%					
		-					-					
		+					+					
		-					-					
113	No						52					
		$\epsilon > \xi$					$\epsilon > \xi$					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		6%					8%					
		$\xi > \epsilon$					$\xi > \epsilon$					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		94%					92%					
		negativo					negativo					
		-					-					
		+					+					
		positivo					positivo					
		-					-					
		+					+					
		78%					52%					
		-					-					
		+					+					
		100%					100%					
		-					-					
		+					+					
		93%					78%					
		-					-					
		+					+					
		7%					48%					
		-					-					
		+					+					
		100%					100%					
		-					-					
		+					+					
		91%					22%					
		-					-					
		+					+					
		9%					22%					

Notas: Igual que para el Cuadro 4.

**Cuadro 7**  
**Cola izquierda y sorpresas de futuros**

		México					FED					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N	Parámetro de la cola	Sesgo	$\epsilon$	$\xi$				N	Parámetro de la cola	Sesgo	$\epsilon$	$\xi$
71	Positivo						17					
	$\epsilon > \xi$					8%		$\epsilon > \xi$				-
	negativo					-		negativo				
	-					-		-				
	+					-		+				
	positivo					100%		positivo				
	-					50%		-				
	+					100%		+				
	$\xi > \epsilon$					92%		$\xi > \epsilon$				100%
	negativo					49%		negativo				35%
	-					100%		-				100%
	+					-		+				-
	positivo					51%		positivo				65%
	-					100%		-				100%
	+					9%		+				-
77	Negativo						56					
	$\epsilon > \xi$					5%		$\epsilon > \xi$				5%
	negativo					-		negativo				100%
	-					-		-				1
	+					-		+				0%
	positivo					100%		positivo				-
	-					25%		-				-
	+					100%		+				-
	$\xi > \epsilon$					95%		$\xi > \epsilon$				95%
	negativo					47%		negativo				30%
	-					100%		-				88%
	+					-		+				13%
	positivo					53%		positivo				70%
	-					100%		-				97%
	+					18%		+				3%
41	No						61					
	$\epsilon > \xi$					17%		$\epsilon > \xi$				7%
	negativo					100%		negativo				-
	-					-		-				-
	+					100%		+				-
	positivo					-		positivo				100%
	-					-		-				100%
	+					-		+				-
	$\xi > \epsilon$					83%		$\xi > \epsilon$				93%
	negativo					100%		negativo				44%
	-					100%		-				100%
	+					26%		+				-
	positivo					-		positivo				56%
	-					-		-				84%
	+					-		+				16%

Notas: Igual que para el Cuadro 4. Llevamos a cabo el análisis para los casos de sorpresas de futuros definidas en el Cuadro 3.