

INTERVENCIONES EN EL MERCADO CAMBIARIO
POR EL BANCO DE LA REPUBLICA
2000-2011

SIMON GUTIERREZ GAVIRIA
SEBASTIAN GRANADA BUITRAGO

Trabajo de grado para optar al título de
Economistas

Asesor
JUAN CARLOS PARRA ALVAREZ
Economista

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ECONOMIA
FACULTAD DE CIENCIAS ESTRATEGICAS
ECONOMIA
MEDELLIN
2013

AGRADECIMIENTOS

A la eterna paciencia de Juan Carlos Parra Álvarez nuestro asesor, a profesores de la Escuela de Economía como Iván Montoya ,Sandra Lozano entre otros los cuales también contribuyeron a la realización de este trabajo. También queremos agradecer en gran medida a nuestros padres por su apoyo incondicional en los años de universidad y por ultimo amigos incondicionales como María Camila Quintero y Jhon Edison Goez.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 5 |
| CAPITULO I..... | 8 |
| Literatura reciente..... | 8 |
| Marco Teórico | 10 |
| Paridad Descubierta de los Tipos de interés (PDI) | 10 |
| Efectividad de una intervención | 11 |
| Modelos GARCH | 15 |
| Estimación por máxima verosimilitud: | 17 |
| Raíces Unitarias | 18 |
| CAPITULO II | 21 |
| Escenario Colombiano..... | 21 |
| CAPITULO III | 27 |
| Estimación..... | 27 |
| CAPITULO IV..... | 32 |
| Conclusiones..... | 32 |
| Referencias bibliográficas | 35 |
| Anexos | 37 |

RESUMEN

El presente trabajo analiza la intervención realizada por el Banco de la Republica de Colombia en el mercado cambiario durante el periodo 2000-2011, para esto se empleó un modelo GARCH, con el cual busca medir la intervención cambiaria tanto en la media como en la varianza condicional del tipo de cambio, el cual permite sugerir la existencia de una ineficiencia en el mercado.

Palabras clave: GARCH, INTERVENCION, MERCADO CAMBIARIO, VOLATILIDAD CONCIDIONAL.

Introducción

Con el colapso del sistema Bretton Woods a principios de los años setenta se originó un gran interés por el estudio de los regímenes cambiarios flotantes toda vez que estos podían generar una alta inestabilidad en el comercio de un país. De esta forma, se construyeron modelos inspirados en el enfoque monetario de la balanza de pagos y la hipótesis de expectativas racionales. Ejemplo de ello son los modelos desarrollados por Black (1973), Mussa, Barro y Bilson (1978), Meese y Singleton (1980), Rogoff (1979), entre otros.

Estos modelos sugieren que las variaciones del tipo de cambio permiten la eliminación de cualquier desequilibrio en el mercado cambiario. Sin embargo, bajo estos enfoques no se consideró uno de los grandes problemas que parecían aquejar a los nuevos esquemas de flotación: la excesiva volatilidad registrada en los mercados cambiarios. Este exceso de volatilidad justificó las intervenciones realizadas por parte de los bancos centrales con fines de estabilizar el tipo de cambio.

En términos generales, los bancos centrales intervienen en el mercado cambiario para reducir las fuertes fluctuaciones de corto plazo en la tasa de cambio, para suavizar o corregir tendencias de apreciación o depreciación excesivas en ésta, para modificar el nivel de las reservas internacionales, de los medios de pago, y el nivel de largo plazo de la cuenta corriente y de capital. Todos estos fenómenos pueden causar que la tasa de cambio se aleje de su nivel óptimo o de equilibrio, la cual de acuerdo con Echavarría et. al (2007) se define como aquel nivel de la tasa de cambio coherente con los niveles sostenibles o de equilibrio de los fundamentales macroeconómicos.

Los potenciales costos de dichos desalineamientos de la tasa de cambio respecto a su nivel de equilibrio, como la reducción del comercio internacional, incremento en la persistencia de la inflación y un retraso del sistema financiero, son superiores en los países emergentes donde la volatilidad es más alta, y donde

el impacto de un movimiento en la tasa de cambio sobre el comercio y sobre la economía real es mayor.

El presente documento analiza las intervenciones realizadas por parte del Banco de la República de Colombia (de ahora en adelante Banrep) sobre el mercado de divisas durante el periodo 2000-2011. Durante este período las compras netas (compras menos ventas) de dólares sumaron alrededor de US \$18 mil millones en las diferentes modalidades utilizadas para intervenir. A diciembre del año 2011 el nivel de las reservas internacionales se encontraba cerca de los US\$ 33 mil millones. Para ello se emplea un modelo de heteroscedasticidad condicional autoregresiva generalizado, GARCH, con el cual se busca medir el efecto de la intervención cambiaria tanto en la media como en la varianza condicional de la depreciación del tipo de cambio, una vez se controla por el diferencial de tasas de interés.

El presente trabajo sigue de cerca del análisis realizado por Toro y Julio (2005) donde se concluye que las *intervenciones discrecionales* del Banrep en el mercado cambiario han ayudado a controlar la volatilidad de la tasa de cambio sin alterar la tendencia revaluacionista del peso colombiano frente al dólar a finales del 2004 y comienzos del 2005. Dicho estudio fue realizado con una base de datos que contiene todas las transacciones de compra y venta realizadas a intervalos de diez minutos en el mercado cambiario colombiano. Este tipo de datos es comúnmente conocido en la literatura econométrica como análisis de alta frecuencia.

El presente trabajo permite concluir por medio del uso de información agregada a una frecuencia más alta que el diferencial de tasas de interés tiene una alta incidencia sobre las variaciones de la tasa representativa del mercado colombiano (TRM) y sugiere que las intervenciones (en sus diferentes modalidades) realizadas por parte del Banrep no gozan de credibilidad por parte del mercado por lo que podría existir una ineficiencia en el mismo, contradiciendo de esta manera el resultado obtenidos por Toro y Julio (2005) al discutir las intervenciones discrecionales. Al mismo tiempo se concluye que las intervenciones

discrecionales y las transacciones con el Gobierno Nacional, las del control de volatilidad y las intervenciones para la acumulación y desacumulación de reservas son significativas pero con signos opuestos a los esperados. En particular, se encontró que las intervenciones para el control de la volatilidad fueron significativas a lo largo del periodo analizado tanto en el nivel como en la varianza, pero por el contrario generaron un aumento en la volatilidad.

CAPITULO I

1. Literatura reciente

El estudio de la volatilidad del tipo de cambio ha despertado un gran interés durante las últimas décadas. Un sin número de estudios se ha realizado en diferentes países del mundo con el objetivo de entender de una mejor manera los determinantes de dicha volatilidad así como el impacto de diferentes medidas de política económica sobre su evolución.

Para el caso colombiano, Uribe (2010) mediante un ejercicio descriptivo analizó qué tan volátiles fueron la tasa de cambio nominal y la tasa de cambio real durante el periodo 2000-2010. Tras seleccionar un conjunto de monedas que sirven como referencia para comparar la volatilidad del peso colombiano, el autor concluye que la tasa de cambio nominal es relativamente menos volátil que la de sus pares latinoamericanos e igualmente volátil que la tasa de cambio de monedas fuertes como la libra, el yen y el euro.

El mismo autor enuncia ciertas implicaciones que generan una elevada volatilidad del tipo de cambio y que motivan el estudio de la misma. Entre ellas cabe resaltar los incentivos que genera para los agentes utilizar coberturas cambiarias para evitar endeudamientos en moneda extranjera y el desestímulo que genera en la entrada de capitales extranjeros de corto plazo los cuales podrían generar problemas en el sector financiero y en general sobre el crecimiento económico.

Por su parte, Toro y Julio (2005) a partir del uso de datos de alta frecuencia de la tasa de cambio y de las intervenciones discrecionales del Banrep construyen un modelo ARCH en las variaciones del tipo de cambio. Armados con argumentos sobre la estrategia de intervención, credibilidad y eficiencia de los mercados como elementos que establecen la efectividad de una intervención, concluyen que la intervención analizada a intervalos de diez minutos es efectiva para controlar la volatilidad del tipo de cambio. Adicionalmente se muestra también que el

diferencial de tasas de interés es fundamental para explicar el comportamiento del nivel y la volatilidad de la tasa de cambio.

Por su parte, en el contexto internacional, Goyal (2010) muestra el efecto que tienen las medidas de política monetaria, en particular movimientos en la tasa de interés de referencia y las intervenciones cambiarias, sobre la volatilidad y el nivel del tipo de cambio de la India. Los efectos se estudiaron a través de estimaciones con datos diarios y mensuales de un modelo EGARCH. El autor concluye que el tipo de cambio euro/dólar afecta considerablemente el nivel de la rupia/dólar junto con su volatilidad. La depreciación de la rupia y su varianza son golpeadas fuertemente por el diferencial de las tasas de interés. De otro lado se muestra que las políticas internas afectan tanto el nivel como la volatilidad del tipo de cambio, donde ésta última es igualmente afectada por las noticias relacionadas con anuncios de intervención por parte del banco central.

Continuando en el contexto internacional, Watanab y Harada (2006) analizan la intervención del banco central de Japón sobre la volatilidad y el nivel del yen/dólar a través de un modelo GARCH por componentes de corto y largo plazo de las variaciones del tipo de cambio. El periodo de análisis para el primer componente corresponde a 1991-1995, mientras que el periodo para el segundo es 1991-2003. Los autores emplean datos sobre las intervenciones oficiales realizadas por el banco central del Japón y la Reserva Federal de los EE.UU. (FED). Los resultados obtenidos a partir de dicho modelo sugieren que el efecto de la intervención sobre la volatilidad es reducido en el corto plazo. De otro lado encuentran que para lograr una intervención efectiva en el largo plazo se debe realizar una estrategia coordinada entre el banco central de Japón y la FED.

1.2 Marco Teórico

A continuación se presenta un conjunto de teorías e ideas que justifican en cierta medida el modelo econométrico usado más adelante para analizar la efectividad de las intervenciones en el mercado cambiario por parte del Banrep

1.2.1 Paridad Descubierta de los Tipos de Interés (PDI)

Cuando hay sustituibilidad perfecta entre activos domésticos y externos, un inversionista doméstico (o extranjero) neutral al riesgo es indiferente entre invertir domésticamente o en el extranjero si la paridad descubierta de interés se cumple. En otras palabras, si:

$$i = i^* + \Delta S_e \quad (1)$$

Donde i es la tasa (nominal) de interés doméstica, i^* es la tasa (nominal) de interés externa y ΔS_e es la tasa (nominal) de devaluación esperada. Si el inversionista (doméstico o extranjero) es adverso al riesgo, una desigualdad de la Ecuación (1) no necesariamente implicará un flujo de capital. Por ejemplo, para que un inversionista doméstico invierta en el exterior, el retorno esperado sobre el activo extranjero deberá ser mayor que el retorno que con seguridad obtendría el inversionista en su país de origen. La Ecuación (1) puede expresarse también como el diferencial de intereses:

$$DIF = i - i^* - \Delta S_e \quad (1')$$

Bajo el supuesto de neutralidad de riesgo, si $DIF > 0$, el país doméstico experimentará una entrada de capitales, debido a que la tasa de retorno esperado sobre los activos domésticos es mayor que sobre los activos extranjeros. Si $DIF < 0$, el país (doméstico) tendrá una salida de capitales. Si $DIF = 0$, los portafolios de

activos de los inversionistas domésticos y externos estarán en equilibrio y no habrá flujos de capital entre los países ya que los agentes son indiferentes.

1.2.2 Efectividad de una intervención

Como se describe en Sarno y Taylor (2003) la intervención en el mercado cambiario se define en términos amplios como toda transacción o anuncio por parte del banco central que intente influenciar el valor de la tasa de cambio. En la práctica esta intervención está definida como la compra o venta de moneda extranjera contra la moneda doméstica.

La intervención en el mercado cambiario puede ser esterilizada o no esterilizada, dependiendo de si mediante operaciones de mercado abierto (OMAs) el banco central contrarresta o no los efectos monetarios de dicha intervención. En general, se acepta que una intervención no esterilizada puede afectar la tasa de cambio de manera similar a como lo haría la política monetaria al inducir cambios en la base monetaria, agregados monetarios más amplios, las tasas de interés y las expectativas del mercado. En contraste, la efectividad de las intervenciones esterilizadas han sido más polémicas y menos directas.

En términos generales existen dos canales principales a través de los cuales las intervenciones pueden afectar la tasa de cambio:

Canal de portafolio

De acuerdo con la teoría de Branson y Henderson (1984), los bonos denominados en moneda nacional y extranjera son sustitutos imperfectos y los agentes del mercado son adversos al riesgo. Por esta razón, los inversionistas demandan una prima de riesgo sobre los bonos denominados en la moneda más riesgosa. En este contexto, una intervención esterilizada altera la oferta relativa de bonos domésticos versus externos, induciendo a que los agentes recompongan

sus portafolios para igualar los retornos ajustados por riesgo. Esto a su vez, produce modificaciones en la tasa de cambio. En este caso la tasa de cambio sirve como un mecanismo de ajuste para los retornos corregidos por riesgo cuando la base monetaria y las tasas de interés permanecen inalteradas luego de una intervención esterilizada.

Canal de expectativas

De acuerdo con Domínguez (1998), el canal de expectativas establece que la intervención cambiaria puede ser efectiva si los agentes la perciben como una señal de cambio futuro en la postura de la política monetaria. En los modelos que se basan en este canal, la tasa de cambio se trata como el precio de un activo que depende del nivel esperado de la oferta de dinero. En la medida en que la intervención modifique las expectativas de mercado sobre el comportamiento futuro de la cantidad de dinero o de la tasa de interés, se afectará el nivel de la tasa de cambio en el período presente. El canal de expectativas considera que la intervención afecta la tasa de cambio al poner a disposición del mercado nueva información relevante, bajo el supuesto implícito de que las autoridades poseen información superior a la de otros participantes del mercado, y que aceptan revelarla mediante sus acciones en el mercado cambiario. El canal de expectativas es más efectivo cuando las intervenciones se anuncian públicamente, lo cual aumenta la visibilidad de la intervención y refuerza la señal transmitida por la autoridad monetaria.

La estrategia de intervención, su credibilidad y la eficiencia de los mercados son elementos críticos que determinan la efectividad de una intervención. Una intervención en sentido contrario de la percepción de la mayoría de los agentes del mercado tiene pocas posibilidades de éxito, a menos que pueda convencerlos que ésta señala un cambio creíble en la senda futura. De no ser así, lo único que se lograría sería un incremento en la volatilidad. Este mismo resultado podría también

producirse si el mercado no es eficiente en procesar la información contenida en la variación de precios, aún a pesar de que la señal sea creíble y no ambigua.

Si la formación de la tasa cambio se modela como un proceso que incorpora de manera eficiente las expectativas sobre el comportamiento futuro de variables exógenas determinantes, dado un conjunto de información pública, la tasa de cambio puede representarse como:

$$s_t = (1 - \delta) \sum_{k=0}^{\infty} \delta^k E_t(Z_{t+k}/\Omega_t) \quad (2)$$

donde s_t es la tasa de cambio nominal (moneda doméstica por unidad de moneda extranjera) en forma logarítmica, δ es un factor de descuento, Z_t es un vector de variables exógenas y Ω_t es el conjunto de información pública en el momento t. Si las operaciones de intervención denotadas como I_t , proveen información relevante al mercado, ellas pueden ampliar el conjunto de información ($\Omega_t < \Omega_t + I_t$) y de esa forma tener influencia sobre la tasa de cambio. Por ejemplo, si la intervención de un banco central señala un futuro relajamiento de la política monetaria, la moneda doméstica se depreciará con relación a la externa:

$$s_t = (1 - \delta) \sum_{k=0}^{\infty} \delta^k E_t(Z_{t+k}|\Omega_t) < s_t = (1 - \delta) \sum_{k=0}^{\infty} \delta^k E_t(Z_{t+k}|\Omega_t + I_t) \quad (2')$$

El modelo de comportamiento de la tasa de cambio ilustrado en la ecuación (2) contiene el supuesto explícito que los precios de las monedas (tasas de cambio) incorporan de manera eficiente la información disponible, y que las expectativas del mercado son racionales. De esta manera, cualquier prueba basada en la ecuación (2) involucra la hipótesis conjunta de que el mercado de divisas es económicamente eficiente. Por su parte, el modelo de señales e intervención basado en la ecuación (2') tiene como hipótesis implícita que las señales provistas por la intervención son totalmente creíbles y no ambiguas.

Como consecuencia de la naturaleza conjunta de cualquier prueba de hipótesis con respecto a la influencia de la intervención sobre el nivel de la tasa de cambio, se requiere contemplar cuatro escenarios, que dependen de la naturaleza y ambigüedad de las señales provistas por la intervención, y de la eficiencia del mercado cambiario

Cuadro 1. Influencia esperada sobre el nivel y varianza de la tasa de cambio de una intervención orientada a depreciar la tasa de cambio

| $\Delta S_t I_t$ | | Eficiencia del Mercado | |
|---|-------------------------------|--|--|
| | | S_t Eficiente | S_t Ineficiente |
| $Var(\Delta S_t I_t)$ | | | |
| Naturaleza de la señal de Intervención | I_t Creíble y no ambigua | $\Delta S_t I_t > 0$ $Var(\Delta S_t I_t) = 0$ | $\Delta S_t I_t > 0 \text{ ó } = 0$ $Var(\Delta S_t I_t) > 0$ |
| | I_t No creíble o ambigua | $\Delta S_t I_t < 0 \text{ ó } = 0$ $Var(\Delta S_t I_t) > 0$ | $\Delta S_t I_t < 0 \text{ ó } = 0$ $Var(\Delta S_t I_t) > 0$ |

Fuente: Domínguez (1998)

Si las señales provistas por la intervención sobre el nivel de la tasa de cambio son creíbles y no ambiguas, y si el mercado cambiario es eficiente, la intervención no debería tener ninguna influencia sobre la varianza de la tasa de cambio. Cuando la intervención señala un futuro relajamiento monetario, la intervención debería resultar en una depreciación de la moneda doméstica sin ningún efecto sobre la varianza. Alternativamente, si las señales suministradas por la intervención no son creíbles, tienen un carácter ambiguo, o si el mercado cambiario es ineficiente, la intervención puede tener un efecto opuesto al deseado sobre el nivel de la tasa de cambio, y probablemente una influencia positiva sobre la volatilidad

Cuadro 2. Influencia esperada sobre el nivel y varianza de la tasa de cambio de una intervención orientada a controlar la volatilidad de la tasa de cambio

| $\Delta S_t I_t$ | | Eficiencia del Mercado | |
|---|-------------------------------|--|--|
| | | S_t Eficiente | S_t Ineficiente |
| $Var(\Delta S_t I_t)$ | | | |
| Naturaleza de la señal de Intervención | I_t Creíble y no ambigua | $\Delta S_t I_t = 0$ $Var(\Delta S_t I_t) < 0$ | $\Delta S_t I_t > 0 \text{ ó } < 0$ $Var(\Delta S_t I_t) > 0$ |
| | I_t No creíble o ambigua | $\Delta S_t I_t > 0 \text{ ó } < 0$ $Var(\Delta S_t I_t) > 0$ | $\Delta S_t I_t > 0 \text{ ó } < 0$ $Var(\Delta S_t I_t) > 0$ |

Fuente: Domínguez (1998)

Si la información proveniente de la intervención indica que el banco central busca reducir la volatilidad y las señales provistas por la intervención son creíbles y no ambiguas, y si el mercado cambiario es eficiente, la intervención no debería tener ninguna influencia sobre el nivel de la tasa de cambio y debería reducir la varianza. Alternativamente, si las señales suministradas por la intervención no son creíbles, tienen un carácter ambiguo, o si el mercado cambiario es ineficiente, la intervención puede tener un efecto sobre el nivel de la tasa de cambio, y probablemente una influencia positiva sobre la volatilidad.

1.3 Modelos GARCH

En esta sección, se hace una breve referencia sobre la teoría de los modelos ARCH-GARCH univariados. Los modelos ARCH (modelos de heterocedasticidad condicional autorregresiva por sus siglas en inglés), fueron diseñados para modelar la varianza condicional de las variables endógenas bajo análisis y resultan apropiados cuando los residuos de las estimaciones de la media condicional presentan heterocedasticidad condicional. Estos modelos permiten estudiar la incertidumbre asociada a la variable endógena, medida a través de su

varianza condicional, de forma separada a su media condicional. Para ello se ajusta un modelo paramétrico a la varianza condicional de los residuos provenientes de la ecuación asociada a la media condicional. Dicho modelo permite analizar el comportamiento a través del tiempo de varianza de la variable endógena.

Los modelos ARCH fueron introducidos originalmente por Engle (1982) y generalizados posteriormente por Bollerslev (1986) a lo que se conoce como modelos GARCH (modelos de heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizados por sus siglas en inglés). Estos modelos han sido ampliamente utilizados en economía y finanzas, en particular, para el estudio de series de tiempo vinculadas con los mercados financieros. En particular, los modelos GARCH explican la varianza condicional de la variable endógena en función de sus valores pasados y de los valores pasados de los residuos al cuadrado provenientes de la ecuación de la media condicional, así como posiblemente de otras variables predeterminadas o exógenas al sistema.

Las ecuaciones (3) y (4) a continuación representan una versión estándar del modelo GARCH (1,1) introducido en Bollerslev (1986):

$$y_t = \gamma X_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \delta_1 \sigma_{\varepsilon t-1}^2 \quad (4)$$

con $\alpha_0 > 0$ y $\delta_1 \leq 1$ para asegurar que la varianza sea mayor que cero, $(\alpha + \delta) < 1$ para asegurar que el proceso estocástico que describe la varianza condicional sea estacionario. La variable $\{\varepsilon_t\}$ es una serie de variables independientes e idénticamente distribuidas (*iid*) con distribución normal estándar.

La ecuación (3) parametriza la media condicional de la variable endógena y_t en función de un conjunto de variables exógenas o predeterminadas (X_t), que potencialmente incluye un intercepto, y de un término de perturbación, ε_t , que recoge todo aquello no explicado por las variables exógenas. Por su parte, la ecuación (4) define la varianza condicional de ε_t , σ_t^2 (que a su vez representa la varianza condicional de y_t toda vez que el modelo de la media condicional sea lineal) en función de dos tipos de regresores: un término denominado ARCH (ε_{t-1}^2), medido por el cuadrado de los residuos de la expresión (3) rezagados un período que refleja las novedades respecto de la volatilidad del período previo, y el término de residuos GARCH ($\sigma_{\varepsilon_{t-1}}^2$), que mide la varianza condicional rezagada un período. Por otro lado, el parámetro ω mide la media incondicional de la varianza. Los números dentro del paréntesis GARCH (1,1) hacen referencia al orden (número de rezagos) del GARCH (el primer término) y del ARCH (el segundo término).

1.3.1 Estimación por máxima verosimilitud:

La estimación por el método de máxima verosimilitud es un método de estimación puntual que consiste en seleccionar el valor del vector de parámetros θ para el cual la probabilidad de obtener la muestra observada sea máxima. Para ello, es necesario definir la función de verosimilitud como la función de probabilidad conjunta de las T observaciones de la muestra. En el caso del modelo GARCH(1,1) descrito por las ecuaciones (3) y (4) se tiene que $\theta = \{\gamma, \alpha_0, \alpha, \delta_1\}$. Así, si y_1, y_2, \dots, y_T es un conjunto de observaciones *iid* de la variable aleatoria y_t , cada una de ellas con función de probabilidad $f(y, \theta)$, la función de verosimilitud de la muestra se define como:

$$L(\theta; y_1, \dots, y_T) = f(y_1, \dots, y_T; \theta) = f(y_1; \theta) \times \dots \times f(y_T; \theta)$$

donde la segunda igualdad proviene del supuesto *iid*.

Si ε_t sigue una distribución normal con media cero, es decir $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$, la distribución condicional de la variable endógena viene dada $y_t | X_t \sim N(\gamma X_t, \sigma_t^2)$. En otras palabras, se tiene que:

$$f(y_t | X_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t^2}} \exp\left(-\frac{(y_t - \gamma_t' X_t)^2}{2\sigma_t^2}\right)$$

Para una muestra de T observaciones, el logaritmo de la función de verosimilitud muestral condicional es la suma del logaritmo de las densidades individuales de cada punto muestral:

$$\ln L(\theta) = \sum_{t=1}^T \ln f(y_t | X_t, \theta) \quad (5)$$

El estimador máximo verosimilitud de θ , $\hat{\theta}_{MV}$ se obtiene al maximizar (5).

1.3.2 Raíces Unitarias

Al desarrollar modelos de series de tiempo es importante saber si se puede suponer *a priori* que el proceso estocástico que genera la variable bajo análisis es invariable en el tiempo. A este tipo de procesos se les denomina procesos estocásticos estacionarios. Si el proceso no es estacionario, resulta inconveniente modelar la serie de tiempo por medio de intervalos de tiempo pasados y futuros con un modelo algebraico simple toda vez que los momentos de la variable endógena pueden cambiar en el tiempo, no existir o ser infinitos. Si el proceso es estacionario, entonces es modelable mediante una ecuación de coeficientes fijos estimables con datos pasados.

En términos generales una serie temporal es estacionaria en sentido débil o en covarianza si la media y la varianza incondicional son constantes y la autocovarianza entre dos valores solo depende de la distancia temporal que los separa, es decir, si:

$$\text{Media: } E(y_t) = \mu$$

$$\text{Varianza: } \text{var}(y_t) = E(y_t - \mu)^2 = \sigma^2$$

$$\text{Covarianza: } \gamma_k = E[(y_t - \mu)(y_{t+k} - \mu)]$$

En la literatura econométrica existen diferentes pruebas estadísticas para analizar la presencia de raíces unitarias (o el orden de integración de las series). Entra las pruebas más usuales bajo el supuesto de que no existen quiebres estructurales durante la muestra bajo análisis se encuentran: Dickey-Fuller (DF), Dickey-Fuller Aumentada (ADF), Phillips-Perron (PP), Kwiatkoski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS). Para los resultados presentados en la Sección 6 se emplea la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF). Los resultados obtenidos por medio de los otros test estadísticos sugieren conclusiones equivalentes, es decir, no aportan información adicional y por lo tanto no se reportan.

Bajo la prueba ADF, la hipótesis nula (H_0) establece que la serie de tiempo bajo análisis tiene una raíz unitaria. El estadístico de prueba está basado en el valor del estadístico t . Si éste resulta positivo o está por debajo de algún valor crítico predefinido, se concluye que no existe evidencia muestral para rechazar H_0 . Este resultado se confirma un poco más intuitivamente cuando se observa que la probabilidad de la prueba es mayor al 95% de confianza, lo cual se advierte en el valor de probabilidad (valor-p), que debe ser mayor a 0.05. En tal caso se sugiere la existencia “potencial” de al menos una raíz unitaria. Las diferentes series estudiadas en este artículo presentaban la existencia de al menos una raíz unitaria. Por tal razón, es necesario saber si la serie es $I(1)$ ó $I(2)$. Para ello se

repite el procedimiento ADF sobre las variables en primeras o segundas diferencias.

Tabla 2. Prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentada

| Dickey-Fuller Aumentada (ADF) | | |
|-------------------------------|---------------|----------------|
| | ΔS_t | ΔDIF_t |
| | t estadístico | t estadístico |
| Valor Critico | -7.5728 | -7.865 |
| 1% | -4.0239 | -4.0239 |
| 5% | -3.4417 | -3.4417 |
| 10% | -3.1454 | -3.1454 |
| Probabilidad | 0.0000 | 0.0000 |

Fuente: Cálculo de los autores

CAPITULO II

2. Escenario Colombiano

En la práctica, las autoridades económicas cuentan con distintos regímenes cambiarios, cada uno con diferentes implicaciones sobre la estabilidad del tipo de cambio. En el caso colombiano el banco central implementó un régimen cambiario de tasa de cambio fija con mini-devaluaciones durante el periodo 1967–1994 (Urrutia, 2003). Bajo este régimen, el peso se ataba al dólar a una tasa de cambio predefinida y no se permitía una desviación significativa. Adicionalmente, la tasa de cambio se devaluaba diariamente en un porcentaje continuo y predeterminado. Este régimen cambiario se combinaba con un sistema de control total de capitales, en el que todas las transacciones cambiarias tenían que realizarse a través del Banrep.

En Enero de 1994, el Banrep introdujo un régimen denominado de banda cambiaria con la intención de volver a tomar el control sobre las variables monetarias luego de un período en el que tasas de interés se encontraban en niveles bajos y en el que se registraron grandes entradas de capital. El centro de la banda era el nivel observado de la tasa de cambio del día en el que se tomó la decisión de ajuste de la misma; los límites máximo y mínimo se establecieron 7% por encima y por debajo de dicho punto intermedio. Éste régimen cambiario fue abolido en Septiembre de 1999 tras el anuncio del Gobierno Nacional de permitir que la tasa de cambio flotara libremente.

Al establecer la libre flotación cambiaria, la Junta Directiva del Banrep decidió que dicho sistema debería ser lo más limpio y transparente posible, por lo que en Noviembre de 1999 estableció reglas para la intervención del Banco en el mercado cambiario.

De acuerdo con el régimen cambiario vigente, el Banrep puede intervenir en el mercado cambiario a través de subastas de opciones americanas *put* (dan

derecho al tenedor de dicho instrumento financiero la opción de vender dólares al Banrep) o *call* (otorgan el derecho a comprar dólares al Banrep). Dicha intervención no busca defender un nivel particular de la tasa de cambio, sino que por el contrario pretende: i) acumular reservas internacionales con el propósito de elevar el nivel de liquidez externa del país para garantizar los pagos externos y minimizar la probabilidad de ataques especulativos contra la moneda; ii) desacumular reservas internacionales con el fin de contribuir a moderar las presiones inflacionarias que surgirían de una depreciación excesiva del peso ante un fuerte choque transitorio en la economía. Este mecanismo se puede considerar, por lo tanto, como una herramienta adicional a la tasa de interés en la labor de mantener los niveles de inflación cercanos a las metas establecidas; iii) moderar la volatilidad del tipo de cambio con lo cual el Banrep intervendrá en el mercado cambiario con el fin de mitigar fluctuaciones excesivas de la tasa de cambio, siempre y cuando la intervención no modifique la tendencia de ésta.

La intervención del Banrep se da mediante los siguientes instrumentos:

- Intervención a través de la subasta automática de opciones de compra o venta de divisas cada vez que la tasa de cambio se encuentre 4% o más por debajo o por encima de su promedio móvil de los últimos 20 días hábiles.
- Intervención a través de subastas discrecionales de opciones de venta de divisas al Banrep, para acumulación o desacumulación de reservas internacionales.
- Intervención discrecional a través de compras o ventas directas de divisas del Banrep en el mercado cambiario.
- Intervención mediante la realización de subastas competitivas de compra de dólares en el mercado cambiario.

La volatilidad y las tendencias significativas o persistentes de la tasa de cambio pueden tener efectos importantes tales como reducir el volumen de

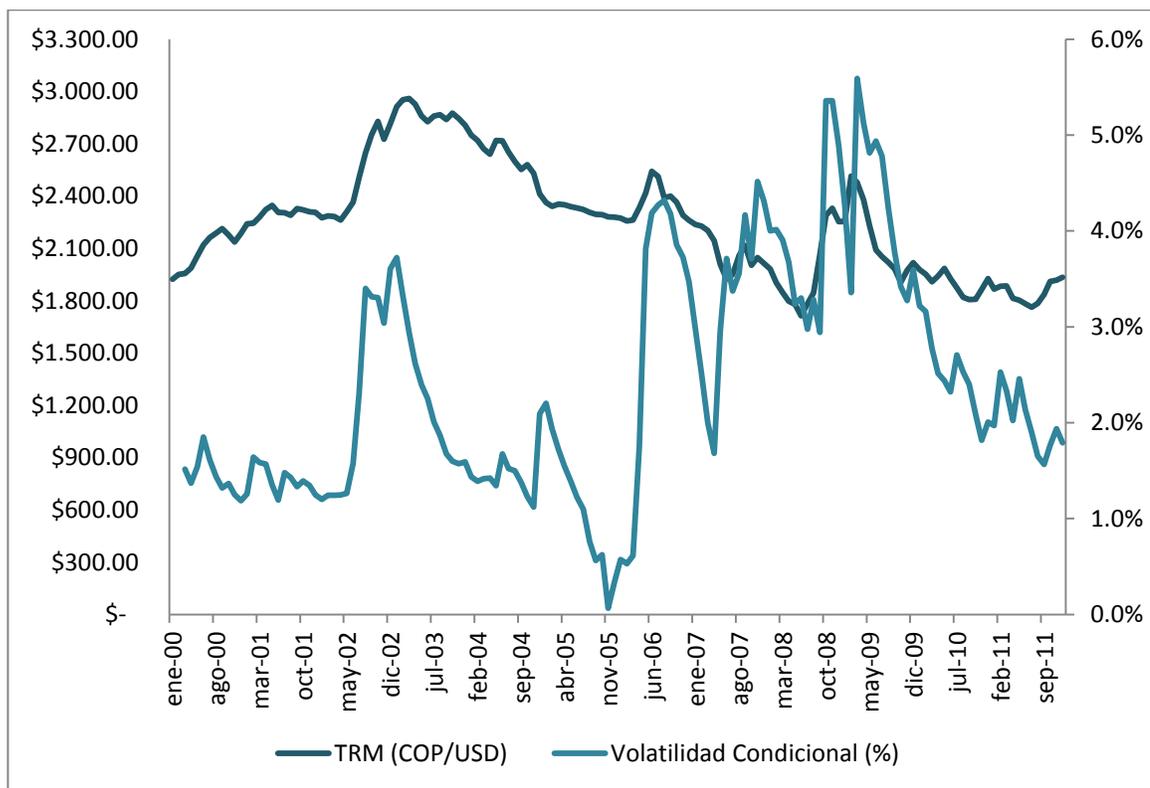
comercio internacional, elevar las presiones hacia el proteccionismo, incrementar la persistencia de la inflación (con lo cual se retarda el ajuste en la tasa de cambio real), y retrasar el desarrollo del sector financiero. Estos efectos podrían ser incluso mayores en los países emergentes como Argentina, Chile, Colombia, entre otros, donde la volatilidad es mayor (los mercados financieros son pequeños y poco profundos y la credibilidad de las autoridades es baja), y también mayor el impacto de un movimiento similar en la tasa de cambio sobre el comercio y sobre la economía real. Generalmente, países emergentes con estas características tienen economías más abiertas, con mayores niveles de *pass-through* (transmisión de las variaciones del tipo de cambio a los precios) y con altos niveles de dolarización de los pasivos, por lo que tener un claro entendimiento del mercado cambiario es importante.

El Gráfico 1 presenta el comportamiento del nivel de la TRM mensual y de su volatilidad condicional para el periodo 2000-2011. En él se evidencia una clara y persistente apreciación desde Diciembre de 2002 hasta Diciembre de 2011, con una leve depreciación durante Marzo de 2008 y Enero de 2009. La serie de volatilidad condicional allí empleada se construyó mediante el modelo GARCH que se presenta en el Capítulo III. Se pueden identificar dos niveles diferentes en la volatilidad: uno que comprende el periodo Enero de 2000 a Noviembre de 2005 en donde se observa que la volatilidad fluctúa alrededor del 1%; el segundo cubre el periodo Noviembre de 2005 hasta el final de la muestra en donde el nivel oscila alrededor del 2.5%. Pareciera ser entonces que hacia finales del año 2005 se produjo un quiebre estructural en la volatilidad condicional de la tasa de cambio.

Este cambio en la varianza de la TRM puede explicarse por los flujos de capital en 2005, los cuales se originaron principalmente en operaciones de inversión extranjera directa (IED, aproximadamente US\$5 mil millones) y, en menor medida, en operaciones de deuda externa y movimientos de portafolio (US\$857 millones). El año 2005 fue especialmente atractivo para los flujos de IED

los cuales se vieron estimulados, en gran parte, por las decisiones de venta de algunas empresas del sector manufacturero y financiero (Coltabaco, Bavaria y Granahorrar, entre otras), así como por la firma de nuevos contratos de exploración de campos petroleros. (Banrep, marzo,2006)

Gráfico 1. Evolución de la TRM (Enero 2000 – Diciembre 2011)



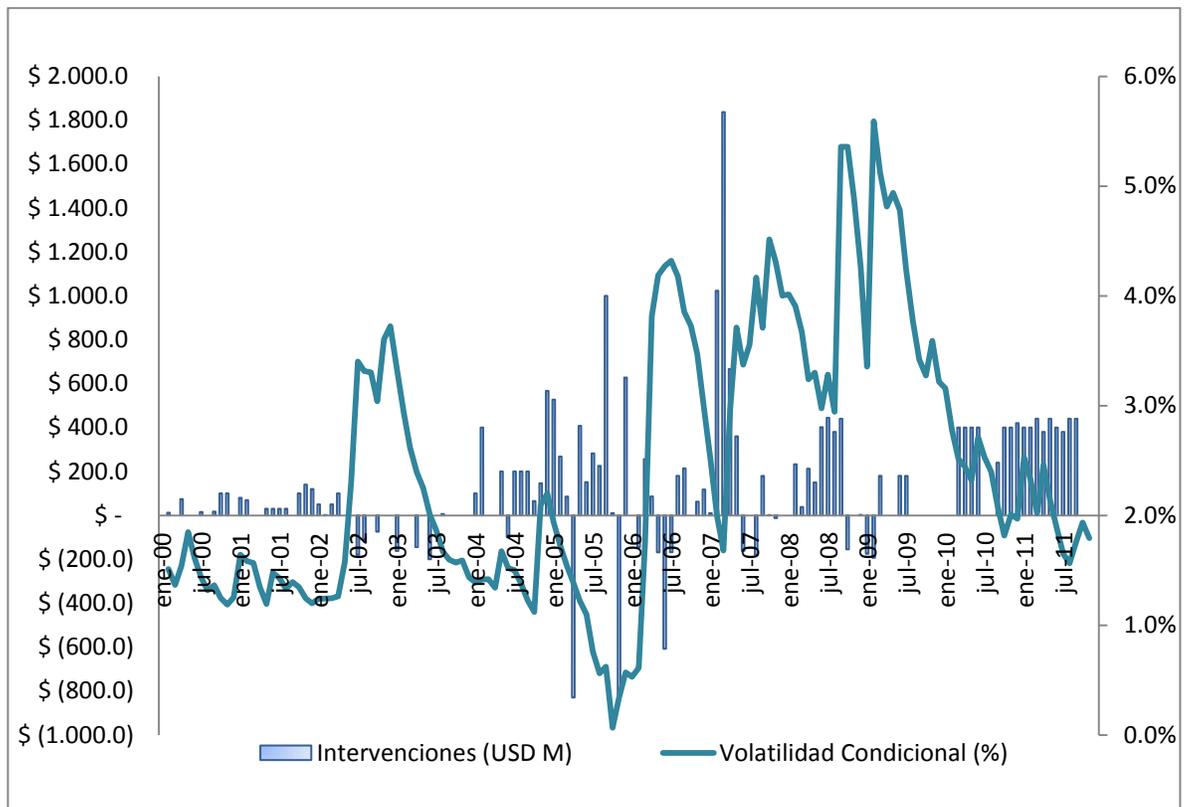
Fuente: Banco de la Republica y cálculo de los autores

Nota: La TRM es un indicador económico que revela el nivel diario de la tasa de cambio oficial en el mercado spot de divisas colombiano. Corresponde al promedio aritmético de las tasas promedio ponderadas de compra y venta de divisas de las operaciones interbancarias y de transferencias, desarrolladas por los intermediarios del mercado cambiario que se encuentran autorizados en el estatuto cambiario colombiano

En el Gráfico 2 se puede observar que el periodo en que la TRM presentó una menor volatilidad (Ene-2000 a Nov-2005) coincide con un periodo de baja intervención, donde la mayoría de intervenciones fueron para la acumulación y

desacumulacion de reservas (ver Tabla 1); de otro lado, en el periodo que se registró una mayor volatilidad (Nov-2005 a Dic-2011) el Banrep realizó una mayor cantidad de intervenciones para control de volatilidad e intervenciones discrecionales (ver Tabla 1), lo que pareciera sugerir que las intervenciones por parte del banco central generaron mayor variabilidad en el nivel de la TRM.

Gráfico 2. Intervenciones vs Volatilidad Condicional



Fuente: Banco de la República y cálculo de los autores.

Por su parte, la Tabla 1 se presenta de forma más detallada el total anual de las intervenciones realizadas durante los años 2000-2011. La columna denominada 00-11 presenta la intervención acumulada durante todo el periodo. Durante los 10 años se compraron alrededor de US\$ 25 mil millones siendo 2007 el año en que el Banrep realizó un mayor volumen de compras: 19.98% del total de las compras, de las cuales 11% fueron para acumulación de reservas internacionales mediante opciones put y un 89% para intervención discrecional. En general, se observa como durante el periodo 2005-2011 casi la totalidad de las intervenciones fueron discrecionales, situación que no se presentaba antes de 2005.

Tabla 1. Operaciones de Compraventa de Divisas del Banco de la República (Millones de Dólares)

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 00-11 |
|--|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Compras | 1.25% | 2.47% | 0.99% | 0.42% | 11.42% | 18.32% | 7.00% | 19.98% | 9.36% | 2.12% | 12.03% | 14.63% | 25,432 |
| Opciones Put | 100% | 100% | 100% | 100% | 54% | 0% | 33% | 11% | 41% | 100% | 0% | 0% | 5,528 |
| <i>Para Acumulación de Reservas Internacionales</i> | <i>100%</i> | <i>100%</i> | <i>100%</i> | <i>100%</i> | <i>48%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>11%</i> | <i>19%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>3,710</i> |
| <i>Para el Control de la Volatilidad</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>6%</i> | <i>0%</i> | <i>33%</i> | <i>0%</i> | <i>22%</i> | <i>100%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>6,346</i> |
| Intervención Discrecional | 0% | 0% | 0% | 0% | 46% | 100% | 67% | 89% | 59% | 0% | 100% | 100% | 15,376 |
| Ventas | 0% | 0% | 6% | 5% | 7% | 48% | 28% | 5% | 0% | 0% | 0% | 0% | 6,822 |
| Opciones Call | 0% | 0% | 100% | 100% | 0% | 0% | 49% | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2,675 |
| <i>Para Desacumulacion de Reservas Internacionales</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>100%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>948</i> |
| <i>Para el Control de la Volatilidad</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>100%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>49%</i> | <i>100%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>0%</i> | <i>2,330</i> |
| Gobierno Nacional | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% | 100% | 51% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 4,750 |
| Compras Netas | 1.77% | 3.49% | -0.91% | -1.32% | 13.36% | 7.82% | -0.91% | 26.17% | 11.92% | 0.95% | 16.99% | 20.66% | 18,007 |

Fuente: Banco de la Republica y cálculo de los autores

CAPITULO III

3. Estimación.

Con el propósito de analizar el efecto de las intervenciones sobre la tasa de cambio nominal se plantea un modelo GARCH (1,1) que recoge tanto las ideas de la teoría de la PDI y de la teoría sobre la efectividad de las intervenciones descritas en la Sección 4.2. El modelo econométrico a estimar viene dado por:

$$\Delta S_t = \gamma_0 + \gamma_1 DIF_t + \gamma_2 IVol_t + \gamma_3 Int_t + \gamma_4 IRes_t + \theta \Delta S_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \Phi_1 DIF_t + \Phi_2 IVol_t + \Phi_3 Int_t + \Phi_4 IRes_t \quad (7)$$

La Ecuación (6) define la media condicional de las variaciones de la TRM (ΔS_t) en función de un conjunto de variables exógenas o predeterminadas, un término autoregresivo (ΔS_{t-1}) y de un término de perturbación (ε_t). El conjunto de determinantes o variables explicativas está compuesto por la variable *DIF* definida como el diferencial de la tasa de interés interbancaria menos la Federal Funds Rate; *IVol* corresponde a las intervenciones realizadas por parte del Banrep exclusivamente para control de la volatilidad, *Int* a las compras discrecionales y transacciones con el Gobierno Nacional, y finalmente *IRes* a las intervenciones destinadas a la acumulación y desacumulación de reservas internacionales.

Por su parte, la expresión (7) explica la varianza condicional de los residuos de ΔS_t en función de cuatro clases de variables: una media incondicional ω , el término ARCH (ε_{t-1}^2), medido por el cuadrado de los residuos de la expresión (6) rezagados un período, que refleja las novedades respecto de la volatilidad del período previo, el término de residuos GARCH (σ_{t-1}^2), que mide la varianza condicional rezagada un período, así como por el mismo conjunto de variables predeterminada de la ecuación (6).

Los datos empleados en la estimación fueron extraídos de las bases de datos públicas del Banrep y de la FED. En particular se utilizaron los datos fin de mes de la TRM, la tasa de interés interbancaria, el volumen de las intervenciones en sus diferentes modalidades y la tasa de interés de los fondos federales de la Reserva Federal de los EE.UU.

La estimación del modelo se lleva a cabo por medio de Eviews 7.1. Para la maximización de la función de log-verosimilitud se emplea el algoritmo de Marquardt. La Tabla 3 presenta los resultados de la estimación del modelo GARCH(1,1) luego de que el algoritmo de optimización convergiera tras 94 iteraciones. Las pruebas de especificación del modelo que validan los resultados obtenidos se encuentran en el anexo de este documento.

Tabla 3. Estimación Máximo-Verosimilitud

| Parámetro | Coficiente | |
|-------------|--------------------------|-----|
| γ_0 | 0.00248 (0.00203) | |
| γ_1 | 1.19642 (0.41612) | * |
| γ_2 | -0.0000465 (0.0000) | |
| γ_3 | -0.00000642 (0.0000) | * |
| γ_4 | -0.00007248 (0.0000) | * |
| θ | 0.3731 (0.09181) | * |
| ω | 1.16E-05 (0.0000) | * |
| α | 0.185818744 (0.06372) | * |
| β | 0.769916 (0.04524) | * |
| φ_1 | -0.00262777 (0.00495) | |
| φ_2 | 1.53E-06 (0.0000) | *** |
| φ_3 | -5.33E-08 (0.0000) | |
| φ_4 | -1.39E-08 (0.0000) | |

* ** Y *** indica grado de significancia al 1%,5% y 10% respectivamente.

Error Estándar de la estimación mediante máxima verosimilitud en paréntesis.

Fuente: Cálculo de los autores

El término que captura el efecto del diferencial de tasas de interés en la economía, γ_1 , es positivo como lo sugiere la teoría económica y de acuerdo con la estimación éste ha tenido un impacto significativo en las variaciones de la TRM de tal forma que toda vez que $DIF > 0$ se produjo una apreciación del tipo de cambio. De otro lado, el diferencial de tasas de interés no es un determinante estadísticamente significativo de la volatilidad de la TRM, como se evidencia a través del parámetro ϕ_1 . Estos resultados son contrarios a aquellos encontrados por Goyal (2010) para la India, toda vez que el diferencial de tasas de interés no explica el comportamiento de la volatilidad de la TRM.

Es importante notar como los resultados sugieren una gran persistencia en las variaciones del tipo de cambio. Dicho comportamiento se recoge a través del parámetro θ e indica que posiblemente existen otros factores determinantes, no correlacionados con aquellos ya incluidos en el modelo, que potencialmente explican el comportamiento de la depreciación del tipo de cambio colombiano.

Por su parte, el impacto de las intervenciones exclusivas para el control de la volatilidad tiene los resultados esperados sobre los cambios de la TRM, pero su resultado en la varianza es contrario al esperado ya que genera un aumento en la varianza o volatilidad de la TRM contradiciendo, a una frecuencia de observación más alta, los resultados obtenidos por Toro y Julio (2005). Sin embargo, los resultados son similares a aquellos encontrados por Watanab y Harada (2006) para el Japón en el sentido que la intervención para el control de la volatilidad es poco efectiva en el corto plazo. Investigaciones futuras sobre la variabilidad del tipo de cambio deberían ser más precisos en diferenciar efectos de corto vs. largo plazo para reafirmar este resultado.

Dada la correcta especificación del modelo, los resultados sugieren la posible existencia de un sesgo de agregación temporal que lleva a concluir que la intervención del Banrep con datos mensuales es ineficiente. De acuerdo con la ideas presentadas en el Capítulo I, la fuente de dicha ineficiencia es doble: i) el

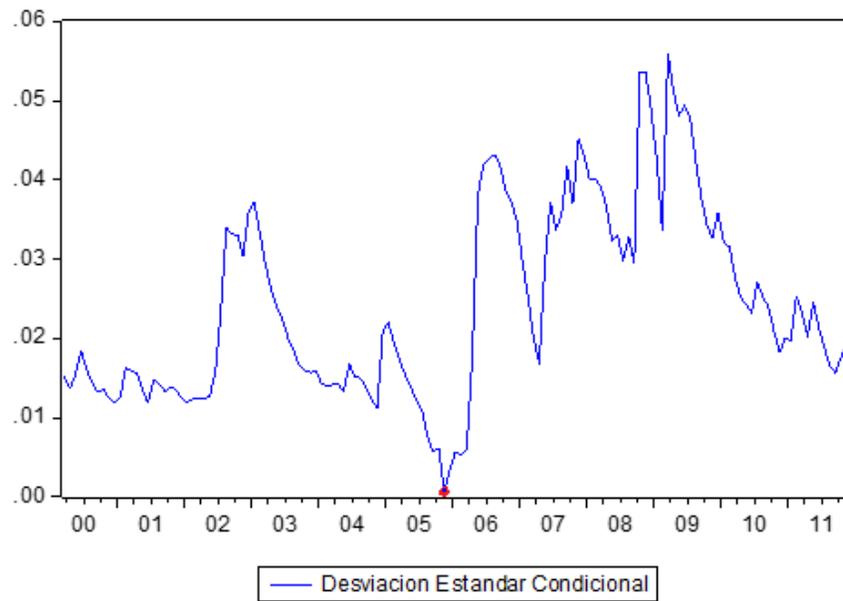
mercado cambiario colombiano puede ser ineficiente, es decir, los agentes del mercado no incorporan toda la información disponible a la hora de transar, y/o ii) las políticas de intervención por parte del Banrep no son creíbles o son ambiguas, en el sentido que los agentes del mercado no ven un cambio de tendencia en la volatilidad del tipo de cambio cuando el banco central interviene y/o consideran que la intervención realizada no está diseñada para controlar la volatilidad sino por el contrario el nivel de la TRM.

El anterior resultado resulta relevante para los modeladores económicos toda vez que el potencial sesgo de agregación temporal puede llevarlos a diseñar modelos en los que la intervención del banco central es eficiente basados en los resultados con datos de alta frecuencia, cuando en verdad dichas políticas son ineficientes en las frecuencias temporales que usualmente se usan para construir modelos macroeconómicos y que en últimas se usan para hacer recomendaciones de política económica.

Respecto a las otras modalidades de intervención, los resultados son similares numéricamente. Sin embargo, estadísticamente se encuentra que tanto la intervención discrecional o la intervención para acumulación de reservas no afecta la volatilidad del tipo de cambio mensual. Por el contrario, este tipo de intervenciones afectan considerablemente las variaciones en el tipo de cambio como se puede apreciar en la significancia estadística de los parámetros γ_3 y γ_4 .

El Gráfico 3 muestra la serie de tiempo obtenida de la volatilidad condicional de la TRM durante el periodo bajo estudio. Al observar la serie se evidencia un potencial quiebre estructural a finales del año 2005. Dicho comportamiento coincide con un periodo de altos flujos de capital tal y como se describió previamente. El estudio de dicho cambio estructural se deja como recomendación para investigaciones futuras, donde posiblemente se pueda incorporar en el proceso de la varianza condicional del GARCH cambios de régimen, como aquellos modelados a través de modelos de Markov-Switching.

Gráfico 3. Volatilidad condicional estimada de las variaciones de la TRM



Fuente: Cálculo de los autores

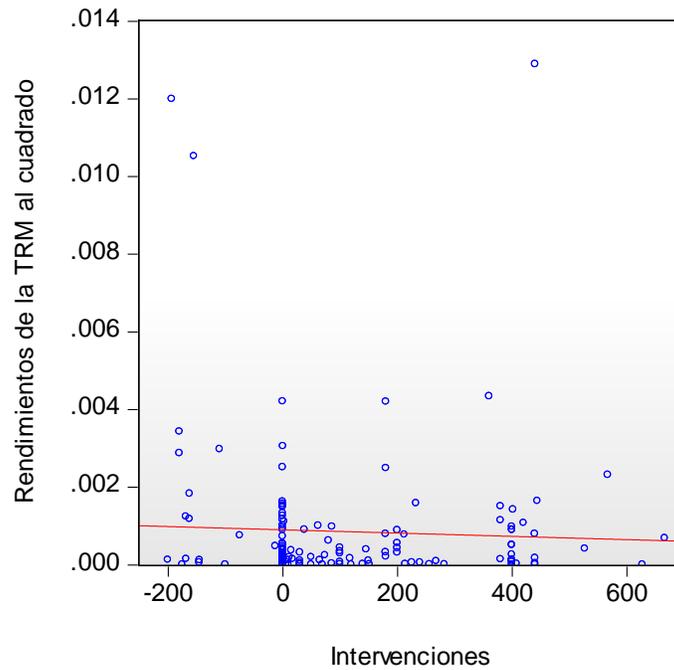
CAPITULO IV

4. Conclusiones

En este trabajo se busca evidenciar la efectividad de las intervenciones por parte del Banrep en la volatilidad de la TRM mediante un modelo GARCH(1,1); de acuerdo con los resultados econométricos se puede concluir que un diferencial de tasas positivo tiene un fuerte impacto en las variaciones de la TRM y que durante el periodo 2000-2011 fue una de las variables que generó un efecto de apreciación en el nivel de la TRM. Por otro lado las intervenciones por parte del Banrep en el mercado cambiario para acumulación/desacumulación de reservas internacionales, las discrecionales y las transacciones con el Gobierno Nacional han sido efectivas para controlar la volatilidad, más no significativas. Por otro lado las intervenciones destinadas para el control de la volatilidad tienen el efecto esperado en el nivel de la TRM pero su efecto en la varianza condicional es el contrario al esperado: han generado un aumento en la volatilidad. A partir de la teoría descrita en la Tabla 3 y la Tabla 4 los efectos de las intervenciones en el nivel de la TRM y en su volatilidad sugieren que las políticas por parte del Banrep no son creíbles y que puede existir una ineficiencia en el mercado cambiario.

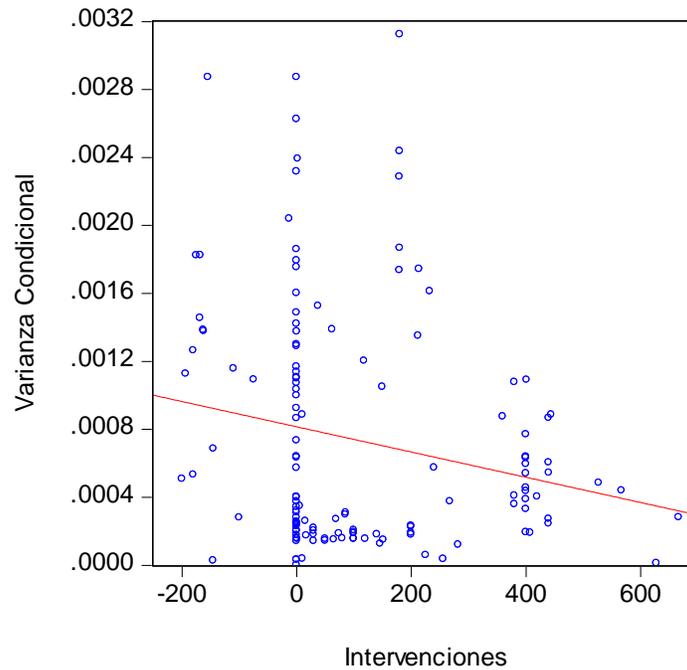
Los resultados obtenidos en este ejercicio se confirman al realizar un análisis simple donde se compara la correlación existente entre el nivel de las intervenciones y dos estimadores diferentes de la varianza de los cambios de la TRM (Ver Gráficos 3 y 4.). El primer estimador corresponde a las diferencias al cuadrado del logaritmo de la TRM y el segundo a la varianza condicional estimada por medio del modelo GARCH de la Sección 5. El resultado es claro: la intervención por parte del Banrep está negativamente correlacionada con la volatilidad de la TRM. En otras palabras, el volumen de intervención son mayores cuando la variabilidad del tipo de cambio es menor, lo cual indica a priori que las intervenciones no se utilizan para controlar la volatilidad llevando a los agentes del mercado a considerar las políticas del Banrep como poco creíbles o ambiguas.

Gráfico 4. Rendimientos de la TRM al cuadrado vs. Intervenciones



Fuente: Banco de la Republica y cálculo de los autores

Gráfico 5. Volatilidad condicional vs. Intervenciones



Fuente: Banco de la Republica y cálculo de los autores

Los resultados del ejercicio sugieren que los modeladores económicos deben tener mucho cuidado a la hora de construir sus modelos macroeconómicos. Si bien los resultados de Toro y Julio (2005) sugieren una intervención eficiente por parte del Banrep al usar datos de alta frecuencia, los datos a nivel mensual sugieren todo lo contrario. Este posible sesgo de agregación temporal puede llevar a diseñar políticas económicas que son incorrectas. Es así como una agenda detallada de investigación futura debe incluir un análisis del efecto que puede tener la agregación temporal. Así se podrá dilucidar correctamente si la política de intervención del Banrep es o no eficiente para controlar la volatilidad del tipo de cambio.

Referencias bibliográficas

Barro, R. J. (1978a). *Unanticipated money, output and the price level in the United States*. Journal of Political Economy, 86, 549-80.

Bilson, J. F. (1978). Rational expectations and the exchange rate. In: Jacob A. Frenkel and Harry G. Johnson, eds., *The Economics of Exchange Rates: Selected Studies*.

Black, S. (1973). *International Money Markets and Flexible Exchange Rates*. Princeton Studies in International Finance, No 32, Princeton University.

Branson W. H. y D. W. Henderson (1984). *The specification and influence of asset markets*. National Bureau of Economic Research.

Dominguez, K. M. (1998). *Central bank intervention and exchange volatility*. Journal international Money and Finance, 17, 161-190.

Echavarría, J. J., E. López, M. Misas. (2007). *La tasa de cambio real de equilibrio en Colombia y su desalineamiento: estimación a través de un modelo SVEC*. Borradores de Economía. Banco de la Republica.

Echavarría, J. J., E. López, M. Misas. (2007). *La tasa de cambio real de equilibrio en Colombia y su desalineamiento: estimación a través de un modelo SVEC*. Borradores de Economía. Banco de la Republica.

Goyal, A. y S. Arora (2010). *The Indian Exchange rate and Central Bank action: A EGARCH analisis*. Journal of Asian Economics, 2, 60-72.

Mussa, M. (1978). The exchange rate, the balance of payments, and monetary and fiscal policy under regime of controlled floating. In: Jacob A. Frenkel and Harry G. Johnson, eds, *The Economics of Exchange Rates: Selected Studies*.

Messe, R. A. y K. J. Singleton (1980). *Rational expectations, risk premia, and the market for spot and forward exchange*. International Finance Discussion papers, No 165, Board of Governors of the Federal Reserve System.

Rogoff K., PhD thesis (1979). Chapter 1 Essays on Expectations and Exchange Rate Volatility. An Empirical Investigation of the Martingale Property of Foreign Exchange Future Prices.

Sarno, L. y M. P. Taylor (2003). *The Economics of Exchange Rates*. Cambridge University Press.

Toro, J y J. M. Julio (2005). *Efectividad de la intervención discrecional del Banco de la Republica en el mercado cambiario*. Borradores de Economía Banco de la Republica.

Uribe, J. D. (2010). *La Volatilidad de la tasa de Cambio en Colombia*. Nota Editorial, Agosto. Banco de la República.

Urrutia, M (2003). *La paridad descubierta de tasas de Interés y la tasa de cambio en Colombia*. Nota Editorial, Mayo. Banco de la Republica.

Watanab, T. y K. Harada (2006). *Effects of the Bank of Japan's intervention on yen/dollar exchange rate volatility*. Journal of The Japanese and International Economies, 20, 99-111.

----- (1978b). *A Stochastic equilibrium model of an open economy under flexible exchange rates*. Quarterly Journal of Economics 92,149-64.

Anexos

Correlograma de los Residuos Estandarizados

| Lag | Autocorrelacion | Correlación Parcial | Q-Stat | Prob |
|-----|-----------------|---------------------|--------|-------|
| 1 | 0.130 | 0.130 | 2.455 | |
| 2 | -0.079 | -0.098 | 3.372 | 0.066 |
| 3 | -0.078 | -0.056 | 4.275 | 0.118 |
| 4 | -0.075 | -0.066 | 5.102 | 0.164 |
| 5 | 0.100 | 0.111 | 6.603 | 0.158 |
| 6 | -0.062 | -0.112 | 7.185 | 0.207 |
| 7 | 0.005 | 0.042 | 7.190 | 0.304 |
| 8 | -0.016 | -0.033 | 7.229 | 0.405 |
| 9 | -0.014 | 0.004 | 7.261 | 0.509 |
| 10 | 0.156 | 0.137 | 11.027 | 0.274 |
| 11 | -0.133 | -0.171 | 13.774 | 0.184 |
| 12 | -0.094 | -0.037 | 15.152 | 0.176 |
| 13 | -0.052 | -0.039 | 15.588 | 0.211 |
| 14 | 0.006 | 0.016 | 15.594 | 0.272 |
| 15 | 0.141 | 0.076 | 18.809 | 0.172 |

Correlograma de los Residuos al Cuadrado Estandarizados

| Lag | Autocorrelacion | Correlación Parcial | Q-Stat | Prob |
|--------|-----------------|---------------------|--------|-------|
| 1.000 | -0.032 | -0.032 | 0.150 | |
| 2.000 | 0.004 | 0.003 | 0.152 | 0.697 |
| 3.000 | -0.078 | -0.078 | 1.055 | 0.590 |
| 4.000 | -0.097 | -0.102 | 2.436 | 0.487 |
| 5.000 | 0.233 | 0.230 | 10.527 | 0.032 |
| 6.000 | -0.074 | -0.072 | 11.356 | 0.045 |
| 7.000 | -0.020 | -0.045 | 11.415 | 0.076 |
| 8.000 | -0.067 | -0.039 | 12.092 | 0.098 |
| 9.000 | -0.056 | -0.026 | 12.581 | 0.127 |
| 10.000 | -0.111 | -0.197 | 14.483 | 0.106 |
| 11.000 | -0.026 | -0.009 | 14.585 | 0.148 |
| 12.000 | -0.096 | -0.112 | 16.020 | 0.140 |
| 13.000 | 0.020 | 0.004 | 16.087 | 0.187 |
| 14.000 | 0.018 | -0.005 | 16.139 | 0.242 |
| 15.000 | -0.086 | -0.050 | 17.317 | 0.240 |

Residuos Estandarizados

