

# INTERVENCIÓN DEL BANCO DE LA REPÚBLICA EN EL MERCADO CAMBIARIO COLOMBIANO

Juan José Ospina Tejeiro\*

---

## Resumen

Este artículo presenta un estudio de la intervención del Banco de la República en el mercado cambiario colombiano. A través de modelos de series de tiempo GARCH, se investiga la influencia de la intervención sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio durante el régimen de flotación entre septiembre de 1999 y abril de 2005. Los resultados indican que la acción del banco central no ha tenido efectos significativos en la evolución de la tasa de cambio en el corto y en el largo plazo. Las consecuencias de la intervención en general han sido significativas en el muy corto plazo, influyendo sobre el nivel y la volatilidad a un nivel intradiario. Para el periodo de intervención discrecional se encuentra que la efectividad de la intervención depende de la magnitud en que ésta sea llevada a cabo y de que sea acompañada de señales creíbles. Estos resultados coinciden con los de un estudio recientemente publicado por el Banco de la República que utiliza una frecuencia de datos diferente. Adicionalmente, se encuentra que los anuncios cambiarios tienen efectos significativos sobre el comportamiento del tipo de cambio y que los resultados de los diferentes modelos estimados son robustos para diferentes especificaciones de la variable de intervención.

---

Números de clasificación: JEL: E58, F31

Palabras claves: Intervención del banco central, tasa de cambio, Colombia, modelos GARCH, mercado cambiario.

## Introducción

Con la adopción de regímenes de flotación cambiaria, una gran parte de los bancos centrales del mundo ha utilizado la intervención en los mercados cambiarios como herramienta de política económica. De acuerdo con Canales-Kriljenko (2003), la intervención de los bancos centrales en países emergentes, donde ésta tiene mayores probabilidades de éxito, es una práctica generalizada llevada a cabo en el 94% de los países clasificados en la categoría de régimen de flotación por el FMI. La intervención del Banco de la República (BR en adelante) en Colombia constituye un caso interesante de estudio por varias razones. En primer lugar, los mecanismos de intervención han sido diferentes a los de la mayoría de los países y éstos, así como los objetivos de la intervención, han cambiado a través del tiempo. Es interesante entonces analizar cuáles han sido los efectos de los diferentes mecanismos sobre el mercado a la luz de los objetivos perseguidos por el BR.

---

\* Agradezco a Alvaro Concha y Alberto Carrasquilla por la dirección de este trabajo en calidad de asesores, a Clemencia Tejeiro y Carlos Daniel Pardo por sus valiosos comentarios, y a Claudia Ramírez por su colaboración en materia metodológica.

En segundo lugar, aunque la intervención de los bancos centrales en el mercado cambiario ha sido objeto de numerosos estudios en los últimos veinte años, la gran mayoría de trabajos se ha concentrado en el caso de economías desarrolladas. Para países emergentes como Colombia, la evidencia empírica sobre intervención es limitada<sup>1</sup> como consecuencia principalmente de la no disponibilidad de información y de la corta experiencia de intervención de éstos bajo régimen de libre flotación. Guimaraes y Karacadag (2004) y Disyatat y Galati (2005) reportan esta situación y le atribuyen la imposibilidad de llegar a conclusiones certeras sobre la efectividad de la intervención en estos países.

En tercer lugar, la evidencia para economías desarrolladas muestra que en general la intervención cambiaria tiene efectos significativos sobre la tasa de cambio, y que puede afectar la volatilidad de la misma y reducir la eficiencia del mercado. Sin embargo, se encuentra que la dirección de los efectos (aumentar o disminuir volatilidad por ejemplo), así como su significancia, varían de país a país y cambian en el tiempo. Para los países emergentes se encuentra evidencia mixta. Esto significa que las conclusiones de estudios similares previos no pueden ser extrapoladas ni generalizadas e invita a buscar evidencia para el caso colombiano.

Por último, a raíz del fenómeno de revaluación que ha experimentado Colombia desde el año 2003 y que se extiende hasta el 2005, el cual genera preocupación por los efectos que puede tener sobre el crecimiento económico y el empleo, se ha abierto en el país el debate sobre las medidas que deben tomarse para frenar la apreciación del peso, el papel que debe jugar el BR en éstas y la conveniencia y efectividad de la intervención realizada por el banco central, especialmente en un esquema de “inflación objetivo” y de banca central independiente.

Teniendo en cuenta lo anterior y con los objetivos de aportar elementos que contribuyan a la respuesta de los interrogantes que genera la intervención del BR en el mercado cambiario en Colombia, de contribuir a la literatura general sobre intervención y de participar en la construcción de evidencia empírica para el caso de países emergentes, este trabajo pretende determinar, utilizando metodologías de series de tiempo (GARCH), si la intervención cambiaria del BR durante el régimen de flotación (septiembre de 1999 - abril de 2005) ha tenido un impacto significativo sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio. De acuerdo con los resultados, se realiza una evaluación de la intervención a la luz de los objetivos perseguidos por la autoridad monetaria. Se incluyen en el análisis la intervención a través de anuncios de política cambiaria y la intervención percibida por el mercado en comparación con la intervención real, dado el carácter secreto de esta última.

---

<sup>1</sup> Recientemente, durante la elaboración del presente documento, el BR publicó un artículo (Julio y Toro, 2005) en el que se estudia la intervención discrecional en Colombia. Los resultados de éste son comentados en la sección II.

Los resultados indican que la acción del BR no ha tenido efectos significativos en la evolución de la tasa de cambio en el corto y en el largo plazo. Las consecuencias de la intervención, en general, han sido significativas en el muy corto plazo, influyendo sobre el nivel y la volatilidad a un nivel intradiario. Para el periodo de intervención discrecional se encuentra que la efectividad de la intervención depende de la magnitud en que ésta sea llevada a cabo y de que sea acompañada de señales creíbles. El presente trabajo está organizado en seis secciones. La sección I presenta el marco teórico de las intervenciones de los bancos centrales en los mercados cambiarios. La sección II es una revisión de literatura sobre el estudio de la efectividad de la intervención cambiaria. La sección III describe los mecanismos y características de la intervención cambiaria en Colombia. La sección IV presenta los datos, la metodología empírica y el modelo utilizados. La sección V contiene los resultados de las estimaciones. Finalmente, en la sección VI se presentan las conclusiones.

## **I. Teoría de la intervención de los bancos centrales en el mercado cambiario**

### ***Por qué intervienen los bancos centrales en el mercado cambiario?***

La intervención de los bancos centrales en los mercados cambiarios persigue diversos objetivos dependiendo de las circunstancias. Las intervenciones pueden buscar acumular o desacumular reservas internacionales; corregir desviaciones de la tasa de cambio respecto a su nivel de equilibrio de largo plazo o respecto al nivel acorde con los fundamentales de la economía; afectar el nivel del tipo de cambio para llevarlo a un objetivo; oponerse a tendencias de corto plazo; realizar operaciones cambiarias relacionadas con deuda externa; proveer dólares al mercado; y finalmente, reforzar la política monetaria contrayendo o expandiendo la cantidad de dinero en la economía o señalando cambios futuros en la política monetaria. Calvo y Reinhart (2002) encuentran otra causa de intervención a la que denominan “miedo a flotar” (*fear of floating*), según la cual las autoridades de las economías emergentes con tasas de cambio que teóricamente son completamente flexibles no permiten grandes fluctuaciones de éstas, debido fundamentalmente a la falta de credibilidad en un escenario de acceso limitado a los mercados de capitales.

Adicionalmente, la estabilidad de la tasa de cambio y por lo tanto la intervención que la garantice, pueden ser deseables para economías emergentes por varios motivos: primero, las dificultades que pueden surgir para servir la deuda ante una devaluación muy pronunciada dado el alto nivel de dolarización de éstas; segundo, la transmisión o *pass-through* de los movimientos de la tasa de cambio hacia la inflación es más alta que en los países desarrollados; tercero, la poca profundidad y desarrollo de los mercados de capitales, limita las posibilidades de protección ante movimientos abruptos del tipo de cambio; cuarto, existe evidencia de que en estas economías la volatilidad de la tasa de cambio afecta el comercio internacional; quinto, las grandes devaluaciones

y apreciaciones están asociadas con recesiones; y finalmente, los ajustes en cuenta corriente son más profundos en estas economías cuando hay movimientos fuertes en el valor de la moneda.

### ***Tipos de Intervención y canales de transmisión***

Cuando un banco central participa en el mercado cambiario tiene dos alternativas: esterilizar o no esterilizar la intervención. La diferencia se encuentra en que la primera altera la base monetaria y por tanto es un mecanismo para conducir la política monetaria, mientras la segunda la deja constante y puede, eventualmente, ser una herramienta de política económica adicional (Nelly, 2000a). La intervención no esterilizada, además de tener la posibilidad de influir en la tasa de cambio al momento de ser realizada, la puede afectar de la misma forma que lo hace la política monetaria que, al cambiar la base monetaria, produce efectos sobre los agregados monetarios, las tasas de interés, las expectativas de devaluación y finalmente sobre la tasa de cambio. De acuerdo con Sarno y Taylor (2001), la diferencia entre una operación de mercado abierto y esta intervención es que la primera afecta la base monetaria a través de un cambio en los activos denominados en moneda local, mientras que la segunda lo hace a través de los activos en moneda extranjera.

En el caso de la esterilización, cuyo objetivo fundamental es no interferir con la política monetaria, los canales de influencia de la intervención y por tanto sus efectos sobre la tasa de cambio no son fácilmente identificables. Esto implica que la intervención es una actividad que presenta riesgos para la reputación y credibilidad de los bancos centrales por la eventualidad de no poder alcanzar los objetivos propuestos con la intervención, por la distorsión que la intervención puede generar en los mercados y porque se puede deteriorar la percepción sobre la consistencia entre la política cambiaria y la monetaria. De ahí la controversia que surge sobre la efectividad y conveniencia de esta herramienta de política económica y el interés por descubrir qué efectos tiene sobre la tasa de cambio y a través de cuáles canales de transmisión son conducidos. La literatura propone básicamente tres canales: canal de portafolio (*portfolio-balance*), canal de señalización o expectativas (*signaling*) y canal de microestructura del mercado (*market microstructure*).

A través del canal de portafolio la intervención puede afectar la tasa de cambio porque al cambiar la composición de sus activos, entre activos denominados en moneda doméstica y activos denominados en moneda extranjera, el banco central puede inducir cambios en la composición del portafolio de los agentes, cambios que a su vez influyen sobre el tipo de cambio. Siguiendo a Loopesko (1984), Sarno y Taylor (2001) y Aguilar y Nydahl (2000), este canal funciona cuando para los agentes, los activos (por ejemplo bonos) en moneda local y los activos en moneda extranjera son sustitutos imperfectos, porque esto implica que no son indiferentes respecto a la moneda de denominación de los activos que componen su portafolio. Como la intervención causa un cambio en

la oferta relativa de bonos domésticos y bonos extranjeros, se necesita un cambio en los retornos relativos de éstos para llegar al equilibrio. Este cambio en los retornos puede darse a través de una devaluación o revaluación de la moneda y/o de cambios en la tasa de interés.

La teoría del canal de señalización argumenta que la intervención esterilizada puede alterar la tasa de cambio al revelar nueva información que señale a los agentes el rumbo futuro de la política monetaria, los haga modificar sus expectativas sobre ésta y por tanto sobre la tasa de cambio, de tal manera que en el presente se genere un cambio en esta última. Por ejemplo, la autoridad monetaria puede señalar una política monetaria expansiva demandando dólares. Si los agentes esperan que la oferta relativa de moneda doméstica a extranjera aumente y por tanto que haya una devaluación, éstos comprarán dólares y se generará una devaluación en el presente. La intervención hace más creíble las señales ya que el banco central está comprometiendo su capital. El buen funcionamiento de este canal requiere que haya asimetría de información a favor del banco central que le permita revelar a los mercados, a través de la intervención, información no conocida. Adicionalmente, su efectividad, como lo señalan Dominguez (1998) y Tapia y Tokman (2004) entre otros, depende crucialmente de la credibilidad y no ambigüedad de las señales.

La teoría del canal de microestructura del mercado, que surge como respuesta al bajo poder explicativo de los modelos macroeconómicos de determinación de tasa de cambio (Evans y Lyons, 1999), analiza el proceso de formación de precios en los mercados a medida que nueva información es conocida y utilizada por los agentes mejor informados (*informed traders*). La intervención cambiaria puede ser información útil para los especuladores y la efectividad de la misma puede depender del momento en que ésta sea realizada (Dominguez, 2003).

Finalmente, de acuerdo con Canales-Kriljenko (2003), Galati y Melick (2002) y Disdayat y Galati (2005) la intervención en los mercados cambiarios de países emergentes tiene una mayor probabilidad de ser efectiva que en los países desarrollados porque los bancos centrales de los primeros, además de no tener la esterilización como una regla rígida de operación, son grandes jugadores en los mercados que tienen la capacidad de afectar el mercado y simultáneamente incrementar su participación en el mismo a través de regulación bancaria, monetaria y cambiaria y que, adicionalmente tienen la posibilidad de explotar la asimetría de información que viene de su potestad de exigir información a otros agentes y de no revelar otra.

## **II. Revisión de literatura**

El estudio de la intervención cambiaria de los bancos centrales ha tenido principalmente un carácter empírico más que teórico. Gran parte de la literatura sobre intervención se concentra en el

estudio de su efectividad, tema que en general ha sido abordado con la aproximación de determinar la capacidad de la intervención para afectar la evolución de la tasa de cambio, principalmente buscando evaluar sus efectos sobre dos características de la variable: el nivel y la volatilidad.

Individualmente, los efectos de nivel se han evaluado a través de modelos lineales con distintos grados de complejidad. Kearns y Rigobón (2003) para Australia, utilizando el método generalizado de momentos (GMM), encuentran que entre 1986 y 1993 la intervención afectó significativamente la tasa de cambio. Tapia y Tokman (2004) y Galati y Disyatat (2005) para Chile (1998-2003) y República Checa (2001-2002) respectivamente, utilizan variables instrumentales y concluyen que la intervención puede afectar el nivel de la tasa de cambio pero los resultados son débiles. Fatum y Hutchison (2003) en el caso alemán y Edison, Cashin y Liang (2003) en el caso australiano, utilizando la técnica de estudios de eventos (*event studies*) concluyen que las intervenciones del banco central pueden afectar la tendencia de la tasa de cambio a corto plazo. En el caso de Colombia, Mandeng (2003) utilizando esta metodología concluye que la intervención del BR a través de opciones ha sido moderadamente exitosa en la reducción de la volatilidad y atribuye esto a la errónea especificación del contrato de las opciones.

El trabajo pionero en el análisis de los efectos de la intervención sobre la volatilidad de las tasas de cambio es el de Dominguez (1998), el cuál, a través de modelos de series de tiempo, presentó evidencia de que la intervención de los bancos centrales de Estados Unidos, Japón y Alemania durante el periodo 1977-1994 aumentó la volatilidad de las tasas de cambio de los dos últimos. A partir de este trabajo la metodología de modelos GARCH ha sido utilizada por varios autores para medir simultáneamente los efectos sobre el nivel y la volatilidad. Baillie y Osterberg (1997) confirman los resultados de Dominguez utilizando las mismas tasas de cambio y un periodo más corto (1985-1990) haciendo énfasis en que la intervención no tuvo efectos de nivel.

Utilizando la misma metodología, Edison, Hali y Liang (2003) encuentran que la intervención en Australia durante el periodo 1984-2001 aumentó la volatilidad de la tasa de cambio y no tuvo efectos sobre el nivel. En el caso de Japón durante la década de los 90 y principios de siglo, Ramaswamy y Samiey (2000) sostienen que la intervención logró afectar la tendencia del tipo de cambio. Ito (2002) y Hillebrand y Schanbl (2004) muestran que la capacidad de la intervención para afectar el rumbo del yen ha cambiado en el tiempo encontrando periodos efectivos y periodos inefectivos, y afirman que el efecto sobre la volatilidad del tipo de cambio no ha sido unidireccional, tendiendo a aumentarla en algunos momentos y a reducirla en otros. Aguilar y Nydahl (2000), introducen para el periodo 1993-1996 un modelo GARCH multivariado que incluye varias tasas de cambio relevantes para la economía de Suecia y obtienen resultados débiles para los efectos de la intervención tanto sobre el nivel como sobre la volatilidad.

Del lado de las economías emergentes, los modelos GARCH son utilizados por Domaç y Mendoza (2003) y Guimaraes y Karacadag (2004) para estudiar los casos de México y Turquía. Los dos obtienen resultados diferentes. Mientras el primero atribuye a la intervención, en los dos países, la capacidad de alterar la tasa de cambio en la dirección de la acción del banco central y de reducir la volatilidad, el segundo le imputa en México un efecto leve sobre el nivel y positivo sobre la volatilidad, y en Turquía un efecto nulo sobre el nivel y negativo sobre la volatilidad. Muy recientemente, el BR publicó un trabajo de Julio y Toro (2005) en el cual, los autores encuentran que la intervención discrecional en Colombia no ha tenido la fuerza necesaria para revertir la tendencia de la tasa de cambio y que el efecto positivo sobre el tipo de cambio depende de la continuidad y el tamaño de la intervención, así como del necesario acompañamiento de ésta con anuncios de política cambiaria.

Finalmente, la respuesta de la volatilidad de las tasas de cambio a la intervención se ha estudiado desde una perspectiva diferente, provista por el hecho de que en los precios de las opciones sobre futuros de tasa de cambio existe una medida implícita de la volatilidad. Bonser-Neal y Tanner (1996) tomaron las opciones para tasas de cambio de Japón y Alemania respecto al dólar y encontraron un efecto positivo de la intervención sobre la volatilidad ex-ante para el periodo 1985-1991. Aguilar y Nydahl (2000) en el caso de la corona sueca y Frenkel, Pierdzioch y Stadtmann (2005) para el yen japonés, obtuvieron resultados similares a los del primer estudio.

### **III. Intervención del Banco de la República en Colombia**

#### ***Objetivos y mecanismos de intervención cambiaria en Colombia***

El BR a través de los instrumentos de intervención a su disposición, tiene como objetivos fundamentales acumular o desacumular reservas internacionales y controlar la volatilidad de la tasa de cambio. En concordancia con un régimen de libre flotación y bajo un esquema de “inflación objetivo”, la intervención del banco central de Colombia no busca, en principio, llevar la tasa de cambio a un nivel objetivo. Sin embargo, como se discutirá más adelante, la intervención durante los años 2004 y 2005 ha tenido como objetivo no sólo la acumulación de reservas sino también el control de la revaluación y por tanto una intención de afectar el nivel del tipo de cambio.

El BR cuenta principalmente con dos instrumentos de intervención cambiaria para alcanzar sus objetivos. El primero lo constituyen las opciones europeas de compra (*call*) y venta (*put*) de dólares, adjudicadas en el mercado a través de subastas holandesas cuyo cupo es previamente conocido por los participantes. Los dos tipos de opciones pueden tener dos objetivos diferentes:



acumular/desacumular reservas y controlar la volatilidad<sup>2</sup>. Estos instrumentos constituyen un mecanismo pasivo, debido a que su funcionamiento implica que una vez las opciones han sido adquiridas por el mercado, la compra o venta de dólares del BR depende de la decisión de los agentes de ejercerlas y de que las condiciones de mercado sean las adecuadas.

El segundo instrumento es la intervención discrecional que consiste simplemente en la participación directa en el mercado demandando u ofreciendo dólares. A diferencia de las opciones, este tipo de intervención es activo y sorpresivo ya que el mercado no sabe con exactitud en qué momentos y en qué montos interviene el BR. Lo anterior implica que la información de la intervención al ser desconocida, no es previamente descontada por el mercado y no necesariamente se refleja en los precios hasta que efectivamente ocurre y por esto, en principio, puede tener una mayor probabilidad de éxito cuando se trata de afectar la tasa de cambio.

### ***Historia de la intervención en el mercado cambiario en Colombia***

Después de la eliminación del sistema de bandas cambiarias en septiembre 25 de 1999 y la entrada a la libre flotación cambiaria, el BR estableció un completo esquema de intervención en el mercado cambiario basado en el uso de opciones, que fue anunciado al mercado en noviembre 19 de 1999 y comenzó a utilizarse el 30 de noviembre del mismo año. La intervención anunciada se limitaba entonces al uso de opciones como instrumento de intervención. Sin embargo, el BR no cerró la posibilidad de realizar la intervención a través de otros mecanismos como el discrecional<sup>3</sup>.

La tabla 1 presenta un resumen de la intervención cambiaria del BR durante el periodo de análisis (septiembre de 1999 - abril de 2005)<sup>4</sup>. Para este trabajo se ha tomado, además del periodo completo de flotación cambiaria, un sub-periodo comprendido entre el inicio de la intervención y septiembre de 2004 en el cual la intervención estuvo basada completamente en opciones, un sub-periodo entre septiembre de 2004 y abril de 2005 en el cual la intervención fue fundamentalmente discrecional, y finalmente el sub-periodo entre diciembre de 2003 y abril de 2005 en el que la intervención (con opciones y discrecional) fue más intensa que en los años anteriores. El gráfico 1 presenta la evolución de la tasa de cambio y las intervenciones del BR.

---

<sup>2</sup> Las opciones *put* (call) le dan al tenedor durante un tiempo conocido (normalmente un mes) el derecho de vender (comprar) dólares al BR a un precio determinado (*strike price*) el día o los días en que se cumpla la condición de ejercicio. La condición de ejercicio es que la tasa de cambio (TRM) del día sea inferior (superior) a su promedio móvil de 20 días en el caso de las de acumulación (desacumulación) y que sea inferior (superior) en un 4% a su promedio móvil si las opciones son de volatilidad.

<sup>3</sup> En la Resolución Externa 8 de 2000 de la Junta Directiva del Banco de la República se admite la intervención directa en el mercado, la cual fue reglamentada a través de la Circular Reglamentaria Externa DODM 143 de septiembre de 2004.

<sup>4</sup> Una información más detallada sobre la intervención se presenta en el anexo 1.

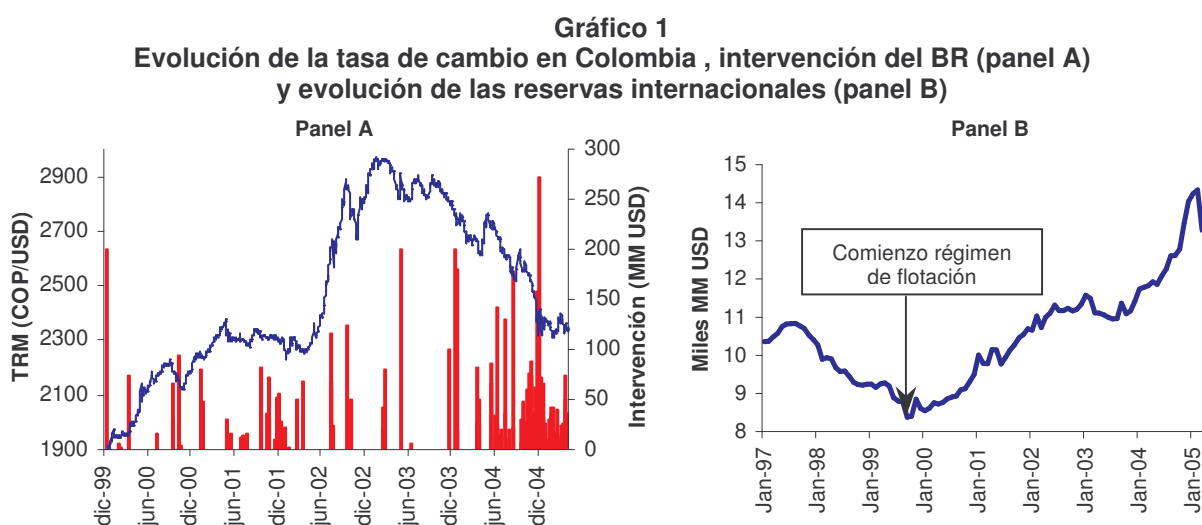


**Tabla 1**  
**Intervención del BR en el mercado cambiario en Colombia**

	<b>Nov. 1999 - Abr. 2005</b>	<b>Nov. 1999 - Sep. 2004</b>	<b>Sep. 2004 - Abr. 2005</b>	<b>Dic. 2003 - Mayo. 2005</b>
<b>Número de días de negociación</b>	1.309	1.158	152	348
<b>Total Intervención</b>				
Número de subastas de opciones	53	52	1	10
Número de días de ejercicio	81	79	2	28
Número de intervenciones discrecionales	119	0	119	119
Número total de días de intervención	200	79	121	147
% días de negociación	15,28%	6,82%	79,61%	42,24%
Monto ejercido venta de dólares (MM USD)	758,5	758,5	0,0	0,0
Monto ejercido compra de dólares (MM USD)	3.085,1	2.905,2	179,9	1.679,6
Compra discrecional de dólares (MM USD)	2.506,7	0,0	2.506,7	2.506,7
Total compra de dólares (MM USD)	5.591,8	2.905,2	2.686,6	4.186,3
<b>Subastas opciones call de volatilidad</b>				
Número de días de ejercicio	3	3	0	0
Número de días de negociación	6	6	0	0
Monto aprobado en las subastas (MM USD)	540,0	540,0	0,0	0,0
Monto ejercido (MM USD)	414,0	414,0	0,0	0,0
% días de intervención	3,00%	7,59%	0,00%	0,00%
% de las ventas de dólares	54,58%	54,58%	N/A	N/A
<b>Subastas opciones put de volatilidad</b>				
Número de días de ejercicio	1	0	1	1
Número de días de negociación	2	0	2	2
Monto aprobado en las subastas (MM USD)	179,9	N/A	179,9	179,9
Monto ejercido (MM USD)	179,9	N/A	179,9	179,9
% días de intervención	0,50%	N/A	0,83%	0,68%
% de las compras de dólares	3,22%	N/A	6,70%	4,30%
<b>Subastas opciones call de desacumulación</b>				
Número de días de ejercicio	3	3	0	0
Número de días de negociación	5	5	0	0
Monto aprobado en las subastas (MM USD)	599,9	599,9	0,0	0,0
Monto ejercido (MM USD)	344,5	344,5	0,0	0,0
% días de intervención	2,50%	6,33%	0,00%	0,00%
% de las ventas de dólares	45,42%	45,42%	N/A	N/A
<b>Subastas opciones put de acumulación</b>				
Número de días de ejercicio	46	46	0	9
Número de días de negociación	68	68	0	26
Monto aprobado en las subastas (MM USD)	4.724,2	4.724,2	0,0	1.749,7
Monto ejercido (MM USD)	2.905,2	2.905,2	0,0	1.499,7
% días de intervención	34%	86%	0%	18%
% de las compras de dólares	51,95%	100,00%	0,00%	35,82%
<b>Intervención discrecional</b>				
Número de días de intervención	119	0	119	119
Compra discrecional de dólares (MM USD)	2506,7	0,0	2506,7	2506,7
Venta discrecional de dólares (MM USD)	0,0	0,0	0,0	0,0
% días de intervención	59,50%	0,00%	98,35%	80,95%
% de las compras de dólares	44,83%	0,00%	93,30%	59,88%

Fuente: Banco de la República, Ministerio de Hacienda. Cálculos: autor.

Las opciones *call* de desacumulación así como las opciones *put* y *call* de control de volatilidad han sido muy poco utilizadas por el BR. Las primeras fueron empleadas entre febrero y abril de 2003, con el objetivo de reducir las expectativas de inflación (uso del canal de señalización), reducir la liquidez y estabilizar la tasa de cambio real que, de acuerdo con el BR, estaba en su máximo histórico. Las opciones de control de volatilidad han sido utilizadas cuando la devaluación o la revaluación de la moneda se aceleran y hay un movimiento brusco del tipo de cambio en un corto tiempo. Las *call* fueron utilizadas entre julio y octubre de 2002 cuando el peso perdió 19.3% de su valor frente al dólar debido principalmente a la inestabilidad política de la región, mientras que las *put* fueron subastadas en diciembre 17 de 2004 cuando la tasa de cambio cayó un 1.9%.



Fuente: Banco de la República, Ministerio de Hacienda.

De los datos de intervención puede concluirse que la historia de la intervención cambiaria durante el régimen de flotación en Colombia se divide en dos partes. El punto en común entre las dos es que la actividad predominante de intervención ha sido la compra de dólares, mientras que la diferencia se encuentra en el mecanismo de intervención y en los objetivos perseguidos. La primera parte va desde el inicio de la flotación cambiaria hasta septiembre de 2004, y se caracteriza porque la intervención fue llevada a cabo principalmente a través de opciones *put* de acumulación de reservas, con el objetivo principal de recuperar el nivel de reservas internacionales después de su caída en 1999 y llevarlas a un nivel adecuado a la economía que sirviera como herramienta de estabilización ante crisis de balanza de pagos y crisis financieras internacionales (ver gráfico 1).

La segunda etapa está determinada por un cambio en los instrumentos y en los objetivos de intervención. Si bien anteriormente se delimitó la primera etapa como el periodo en el cual el instrumento principal de intervención fue el uso de las opciones *put* de acumulación, el cambio de los objetivos no coincidió con el cambio en los instrumentos. A partir de octubre de 2003 y hasta la

finalización de este trabajo se presenta en Colombia un marcado proceso de revaluación cuyo resultado es una apreciación del tipo de cambio de 19.3%. El BR, en respuesta a la preocupación de diferentes sectores económicos por los efectos que podía tener la revaluación sobre el empleo y la economía y atendiendo a su objetivo de mantener la salud de la economía y promover el crecimiento económico, además de tener la posibilidad de acumular reservas a precios menores, intervino a través de las subastas de opciones *put* para frenar la revaluación. Estas opciones cuyo ejercicio implica la demanda de dólares, proveen a los tenedores de un seguro que les permite tomar una posición especulativa larga en dólares y que puede presionar hacia una devaluación.

En septiembre 17 de 2004, como la revaluación no se detenía y la intervención previa no había tenido efectos significativos sobre la tendencia de la tasa de cambio, lo cual era altamente factible dada la pasividad de la intervención con opciones, el BR cambió sus instrumentos tradicionales de intervención por la intervención directa y discrecional en el mercado para intentar detener el fenómeno. Aunque es probable que la intervención discrecional del BR haya permitido moderar la revaluación y se podría pensar que de no ser por ésta el peso se hubiera fortalecido más contra el dólar, es evidente que no ha logrado revertir la tendencia que ha presentado la tasa de cambio desde 2003. La tabla 2 contiene algunas cifras generales de la intervención discrecional.

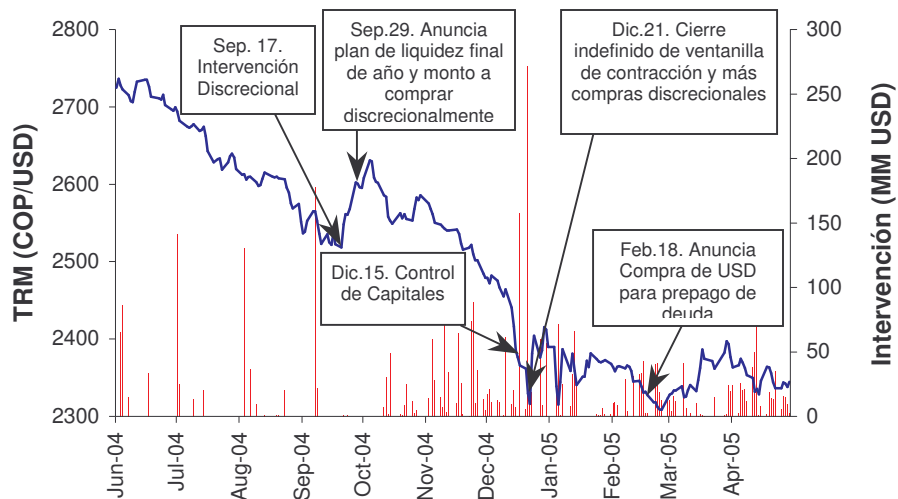
**Tabla 2**  
**Intervención discrecional del BR en el mercado cambiario**

Fecha	Intervención total (MM USD)	Intervención diaria Promedio (MM USD)	Estadísticas Intervención	
Sep. 2004	1,75	0,88	Intervención máxima	249,70
Oct. 2004	146,05	12,17	Intervención mínima	0,28
Nov. 2004	566,95	29,84	Intervención promedio diaria	21,06
Dic. 2004	610,51	33,92	Razón Intervención/Volumen	4,35%
Ene. 2005	267,89	19,13	Volumen promedio de negociación	483,79
Feb. 2005	335,49	20,97		
Mar. 2005	170,38	10,02		
Abr. 2005	407,66	19,41		
Total	2506,68	21,06		

Fuente: Banco de la República, Ministerio de Hacienda. Cálculos: autor.

En el gráfico 2 se muestra la evolución del tipo de cambio y la intervención cambiaria entre junio de 2004 y abril de 2005. Se observa que luego de una leve recuperación de la tasa de cambio en el momento del anuncio del cambio de política de intervención, la revaluación siguió su camino y la intervención discrecional se convirtió en una práctica frecuente a través de la cual el BR ha comprado el 44.8% de las reservas internacionales que ha logrado acumular en cinco años y medio de intervención. Vale la pena resaltar que el BR ha realizado anuncios de política cambiaria con el objetivo de reforzar la intervención discrecional, algunos de los cuales se señalan en el gráfico 2.

**Gráfico 2**  
**Evolución de la tasa de cambio en Colombia e intervención del BR**  
**Junio 2004 – Abril 2005**



Fuente: Banco de la República, Ministerio de Hacienda.

#### **IV. Marco Empírico**

##### ***Definición de intervención***

Los bancos centrales definen intervención como cualquier compra o venta de divisas en el mercado (Dominguez, 1998). En este trabajo se utiliza una definición de intervención más amplia. Intervención será cualquier compra o venta de divisas a través de un mecanismo pasivo (opciones) o activo (intervención discrecional) y cualquier anuncio de política de intervención cambiaria cuyo objetivo sea influir sobre la tasa de cambio. Los anuncios de política cambiaria tienen el objetivo de reforzar la acción del banco central, y aunque es difícil afirmar a priori que tuvieron efectos significativos, se observa una reversión en la tendencia después de algunos, lo cual invita a probarlos como mecanismo efectivo de intervención. Por otra parte, en el caso de Colombia no hay una regla clara que garantice la esterilización y por lo tanto no se conoce hasta qué punto la intervención, especialmente la discrecional, ha sido esterilizada. Esta es una limitación que se encuentra a lo largo de la literatura sobre intervención. En este trabajo se analiza la intervención en general ya sea ésta esterilizada o no esterilizada.

##### ***Metodología empírica y verificación de supuestos***

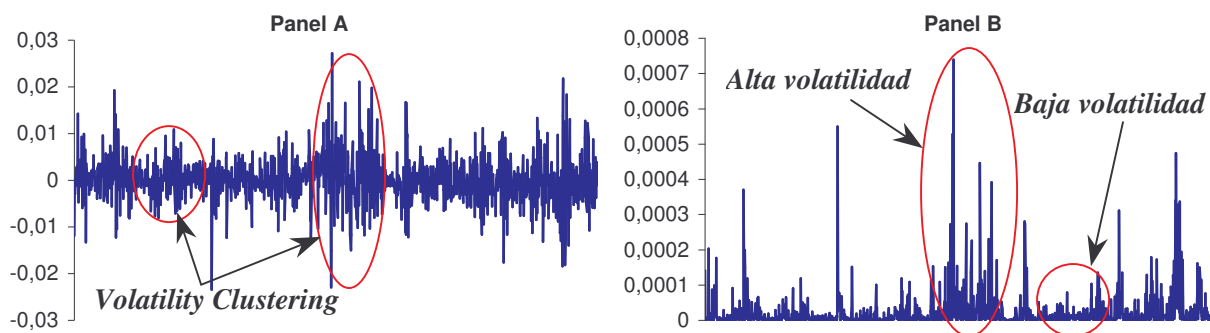
En esta etapa la efectividad de la intervención no será entendida como el logro de los objetivos de la misma, sino como el efecto significativo de la acción del BR sobre el nivel y la

volatilidad de la tasa de cambio. Para estimar la significancia y magnitud de los efectos de las intervenciones del BR sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio en Colombia se ha elegido la metodología de series de tiempo GARCH introducida por Engle (1982) y Bollerslev (1986).

Cuando se calculan los retornos (cambios porcentuales o logarítmicos) de las series de tasas de cambio y precios de activos financieros, se observan periodos caracterizados por la persistencia de grandes retornos (positivos o negativos) y periodos caracterizados por la persistencia de movimientos pequeños en los precios (positivos o negativos). El resultado es que se encuentran periodos de alta volatilidad y periodos de baja volatilidad, fenómeno que se conoce como heterocedasticidad condicional o *volatility clustering* y que significa que la volatilidad en el retorno de los activos presenta correlación serial. Adicionalmente, algunos trabajos entre los que se encuentra el de Hsieh (1988) hallaron que la variabilidad en el tiempo de la volatilidad (varianza condicional), aunque no afecta la varianza no condicional, influye sobre otros momentos de la distribución y por tanto, la distribución no condicional de los retornos de las series puede presentar leptocurtosis (colas gordas) y, consecuentemente, no ser una distribución normal.

Por lo tanto, al modelar la varianza los modelos GARCH permiten capturar dos características presentes en las series de precios: *volatility clustering* y leptocurtosis. A continuación se presentan las pruebas gráficas y estadísticas que permiten justificar formalmente la utilización de la metodología GARCH para describir el comportamiento de la tasa de cambio en Colombia y estudiar la efectividad de la intervención cambiaria. Se busca la existencia de las dos características mencionadas anteriormente en los retornos de la tasa de cambio COP/USD. Este paso es fundamental para la implementación y desarrollo de los modelos que se utilizan en este trabajo.

**Gráfico 3**  
**Retornos (Panel A) y retornos al cuadrado (Panel B)**  
**de la tasa de cambio en Colombia (1999 – 2005)**



El gráfico 3 exhibe los retornos de la tasa de cambio en Colombia y el cuadrado de éstos durante el periodo de análisis, e ilustra el fenómeno de heterocedasticidad condicional o *volatility clustering*. Se puede observar la persistencia de la volatilidad (agrupación) y que ésta cambia a

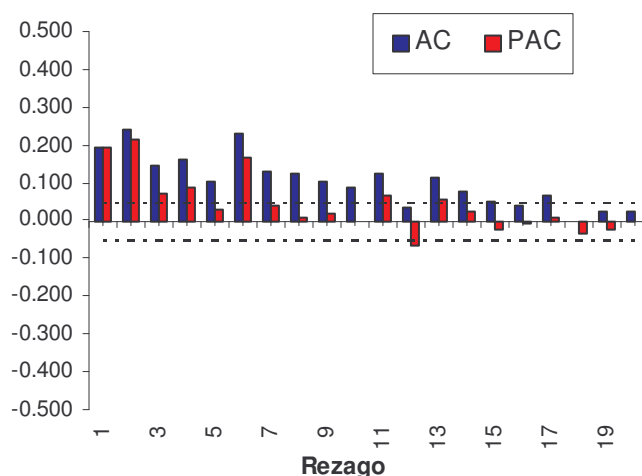
través del tiempo, existiendo periodos altamente volátiles y periodos de tranquilidad. El análisis se realiza también sobre los retornos al cuadrado porque la presencia de autocorrelación en éstos, especialmente si es mayor que la autocorrelación de los retornos, es una señal fuerte de la presencia de heterocedasticidad condicional. La prueba estadística del fenómeno se puede realizar calculando la función de autocorrelación de los retornos y del cuadrado de los retornos, y luego utilizando el Estadístico-Q Ljung-Box para probar la hipótesis nula de que todas las autocorrelaciones son cero. El resultado de estas pruebas implica el rechazo de la hipótesis nula de no autocorrelación en los retornos y en el cuadrado de los retornos hasta el rezago  $k$  ( $k=1,\dots,20$ ), siendo más fuerte la de estos últimos, tal como se presenta en tabla 3 y en el gráfico 4. En este gráfico se observa que la función de autocorrelación de los retornos al cuadrado decae lentamente y por lo tanto éstos presentan persistencia e indican la existencia heterocedasticidad.

**Tabla 3**  
**Estadístico-Q Ljung Box para los retornos de la tasa de cambio**

Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>AC</b>	0,044	-0,067	0,027	0,005	0,009	0,005	-0,011	0,043	0,066	0,052	-0,020	-0,006
<b>PAC</b>	0,044	-0,069	0,033	-0,003	0,014	0,003	-0,010	0,045	0,060	0,054	-0,019	0,000
<b>Q-Stat</b>	2,488	8,403	9,351	9,382	9,499	9,527	9,679	12,168	17,856	21,465	22,007	22,053
<b>Prob</b>	0,115	0,015	0,025	0,052	0,091	0,146	0,207	0,144	0,037	0,018	0,024	0,037

**Gráfico 4**  
**Correlograma del cuadrado de los retornos de la tasa de cambio en Colombia**  
**Diciembre 1999 – Abril 2005**

Rez.	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0,044	0,044	2,488	0,115
2	-0,067	-0,069	8,403	0,015
3	0,027	0,033	9,351	0,025
4	0,005	-0,003	9,382	0,052
5	0,009	0,014	9,499	0,091
6	0,005	0,003	9,527	0,146
7	-0,011	-0,010	9,679	0,207
8	0,043	0,045	12,168	0,144
9	0,066	0,060	17,856	0,037
10	0,052	0,054	21,465	0,018
11	-0,020	-0,019	22,007	0,024
12	-0,006	0,000	22,053	0,037
13	0,007	0,001	22,120	0,054
14	0,030	0,029	23,303	0,056
15	0,043	0,041	25,716	0,041

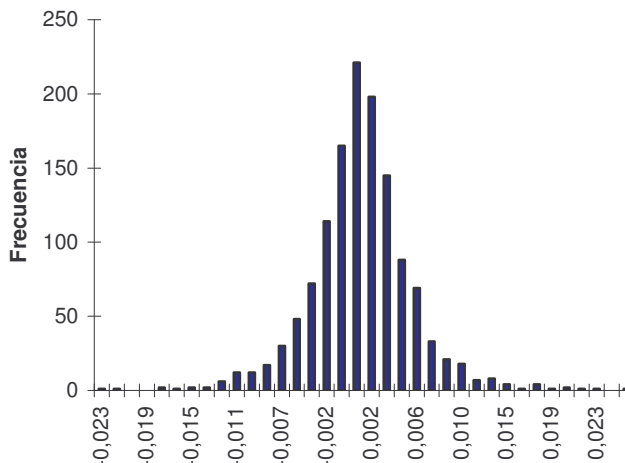


La segunda característica que se espera encontrar es la no normalidad en los retornos de la tasa de cambio. El gráfico 5 presenta la distribución de los retornos de la tasa de cambio de

Colombia durante el periodo de análisis. Para esta distribución se realizó la prueba de normalidad de Jarque-Bera cuyo resultado se presenta en el gráfico 5 y que muestra que se rechaza fuertemente la hipótesis nula de normalidad. Adicionalmente, la leptocurtosis se puede observar por el exceso de curtosis (6.368) de la distribución de los retornos respecto a la curtosis de una distribución normal que tiene un valor de 3.

**Gráfico 5**  
**Prueba de normalidad de los retornos de la tasa de cambio de Colombia**  
**Diciembre 1999 – Abril 2005**

Estadísticas descriptivas	
Media	0.000161
Mediana	0.000156
Máximo	0.027192
Mínimo	-0.023450
Desviación Estándar	0.004800
Prueba de Normalidad	
Observaciones	1308
Sesgo	0.142751
Curtosis	6.368532
Jarque-Bera	622.8543
Probabilidad	0.0000000



En resumen, los modelos GARCH permiten capturar dos características que presenta la serie de los retornos de la tasa de cambio en Colombia: *volatility clustering* y leptocurtosis. Dicho de otra forma, la presencia de estas dos características es señal de presencia de efectos ARCH/GARCH. Además de esto, los modelos GARCH son superiores a las alternativas metodológicas utilizadas en la literatura de intervención mencionadas en la sección II, porque permiten estudiar los efectos de la intervención sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio de forma simultánea, permiten tener en cuenta los efectos de otras variables sobre el tipo de cambio, se ajustan a la información existente para Colombia y su aplicación es relativamente sencilla.

### **El modelo**

La familia de modelos ARCH/GARCH ofrece una gran variedad de especificaciones para modelar el comportamiento de la tasa de cambio y estudiar el problema de la intervención cambiaria. En la literatura, en general, se han utilizado modelos GARCH (1,1) estándar con diferentes especificaciones ARMA para la ecuación de media<sup>5</sup>. El modelo que se propone en este

<sup>5</sup> Algunos autores como Domac y Mendoza (2003) y Guimaraes y Karacadag (2004) han utilizado variantes de los modelos GARCH como EGARCH y TARCH para estudiar algunos aspectos particulares de la intervención, tales como la diferencia que puede existir entre los efectos de las intervenciones de compra y los de las intervenciones de venta.



trabajo para la estimación y análisis de los efectos de la intervención cambiaria sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio en Colombia, puede clasificarse como un ARMA-GARCH<sup>6</sup> con el cual se busca explicar los cambios porcentuales de la tasa de cambio y la volatilidad de los mismos, utilizando una especificación autorregresiva y un conjunto de variables explicativas. A priori no se espera con certeza la inclusión de los términos ARMA en la ecuación de media a pesar de la existencia de autocorrelación en los retornos (tabla 3), sin embargo, de acuerdo con las pruebas presentadas en la sección anterior, se espera que al menos uno de los coeficientes asociados a la presencia de efectos GARCH sea significativo. La especificación del modelo es la siguiente<sup>7</sup>:

$$\Delta e_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^4 \gamma_i DS_{it} + \gamma_5 \Delta i_t + \gamma_6 s_t + \gamma_7 I_t + \gamma_8 AC_t + \gamma_9 AE_t + \gamma_{10} NP_t + \gamma_{11} f(h_t) + \sum_{i=1}^u \psi_i \Delta e_{t-i} + \sum_{i=1}^w \phi_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim D(0, h_t, \eta) \quad (2)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i h_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i \varepsilon_{t-i} + \varphi_1 \Delta i_t + \varphi_2 s_t + \varphi_3 VTES_t + \varphi_4 VBVC_t + \varphi_5 |I_t| + \varphi_6 AC_t + \varphi_7 AE_t + \varphi_8 NP_t + \varphi_9 VOLUM_t \quad (3)$$

donde  $\Delta e_t$  es el cambio logarítmico (retorno) diario de la tasa de cambio de cierre entre el día t y el día t-1,  $DS_{it}$  son variables *dummy* para los días de la semana,  $\Delta i_t$  es el diferencial de tasas de interés entre Colombia y Estados Unidos,  $s_t$  es el *spread* entre los bonos colombianos y los norteamericanos,  $VTES_t$  es el cuadrado de los cambios porcentuales de un índice de precios de los TES,  $VBVC_t$  es el cuadrado de los cambios porcentuales del índice de precios de la Bolsa de Valores de Colombia,  $I_t$  es la variable de intervención del BR,  $AC_t$  es una variable *dummy* que toma el valor de 1 si hay un anuncio importante en materia cambiaria en el día t,  $AE_t$  es una variable que recoge la posible influencia del anuncio de otras variables económicas;  $NP_t$  es una variable *dummy* que toma el valor de 1 si en el día t hubo una noticia política que haya podido influir en el comportamiento del tipo de cambio,  $h_t$  es la varianza de los errores,  $f(h_t)$  es una función de  $h_t$ ,  $\varepsilon_t$  son los errores en t,  $\Omega_{t-1}$  es el conjunto de información en t-1 y D identifica la distribución condicional de los residuos en función de la varianza condicional y de un vector de parámetros  $\eta$ .

El efecto de los días de la semana ( $D_{it}$ ) se incluye porque estudios como el de Hsieh (1988) sugieren que la función de distribución de la tasa de cambio es diferente a través de los días de la semana y su inclusión puede ayudar a explicar las características cambiantes de la distribución de

<sup>6</sup> Se modelan los retornos como un proceso ARMA y la varianza de éstos (ecuación de volatilidad) como un proceso GARCH.

<sup>7</sup> En el modelo se incluyen todas las variables tenidas en cuenta en el proceso de estimación independientemente de la significancia obtenida y tampoco se especifica el número de términos ARMA-GARCH finalmente utilizados.

los retornos. El diferencial de tasas de interés ( $\Delta i_t$ ), calculado como la diferencia entre la tasa de interés interbancaria en Colombia y la tasa FFR (Federal Funds Rate) de Estados Unidos, busca capturar el impacto de la política monetaria y de las condiciones de liquidez del mercado sobre la tasa de cambio y constituye uno de los determinantes más importantes de ésta porque afecta el flujo de capitales desde o hacia un país. Teóricamente, si se cumple la paridad descubierta de tasas de interés, se espera que se deprecie la moneda del país que tiene una tasa de interés mayor. El *spread* ( $s_t$ ) de los bonos del gobierno de Colombia sobre los bonos de Estados Unidos, medido por el índice EMBI Colombia, es una medida del riesgo del país y puede ser un determinante de la tasa de cambio en la medida en que está asociado con los flujos de capitales desde y hacia economías emergentes, y en la medida en que el dólar sea un activo seguro para los inversionistas locales.

La intervención del BR es capturada por la variable  $I_t$  que puede tomar diferentes formas dependiendo de la especificación del modelo y de la hipótesis que se quiere probar. En algunas especificaciones la variable representa los montos de dólares negociados por el BR en cada día que es la forma como la literatura generalmente la introduce. Para probar si el tamaño de la intervención respecto al volumen de negociación del mercado es relevante para afectar la tasa de cambio,  $I_t$  se calcula como la participación porcentual de las compras netas del BR en el volumen negociado. Alternativamente, se puede introducir la intervención como el resultado de multiplicar el monto de dólares comprado/vendido por el BR por una variable *dummy* que toma el valor de 1 si la intervención es mayor al 5%, 10%, 15% o 20% del volumen de negociación.

Siguiendo a Dominguez (1998), se puede probar si la presencia del BR en el mercado es suficiente para afectar la tasa de cambio independientemente de la magnitud de la intervención, definiendo  $I_t$  como una variable *dummy* que toma un valor de uno cuando el BR interviene y cero de lo contrario. Teniendo en cuenta que en ocasiones la intervención del BR no tiene la magnitud suficiente para ser notada por una proporción significativa de los agentes, se puede examinar si la intervención afecta el tipo de cambio cuando es percibida por el mercado, o cuando, independientemente de si hay o no intervención, éste cree que efectivamente la hay. Para esto se definió  $I_t$  como una variable *dummy* que toma el valor de 1 si el mercado reportó la intervención, lo cual ocurre si al menos el 30% de los agentes lo hizo. La construcción de esta variable para el periodo de intervención discrecional se realizó haciendo una revisión minuciosa de los reportes de mercado diario de varios bancos y firmas comisionistas de bolsa.

Es importante aclarar que en el caso en que  $I_t$  representa los montos de intervención, la variable toma valores positivos cuando el BR compra dólares y negativos cuando vende y en la ecuación de volatilidad se encuentra en valor absoluto para no correr el riesgo de violar condiciones de no negatividad. También se incluyó una variable *dummy* que representa la intervención del

Ministerio de Hacienda en el mercado cambiario y otra que refleja los días en que el BR y el Ministerio de Hacienda intervinieron conjuntamente (no necesariamente con el mismo objetivo).

La intervención del BR a través de anuncios de política cambiaria es capturada por la variable  $AC_t$  en la cual se incluyen todos aquellos anuncios que buscan tener una influencia sobre el precio del dólar o que el mercado reconoce como relevantes y que pueden afectar la tasa de cambio. Algunos de los anuncios incluidos fueron los siguientes: comienzo de la intervención discrecional (17/09/2004); no convocatoria de subasta de opciones put y anuncio del monto de dólares a ser comprados discrecionalmente (29/09/2004); control de capitales sobre inversiones de portafolio (15/12/2004); cierre definitivo de la ventanilla de contracción y de continuación indefinida de la política de intervención discrecional (21/12/2004); venta de dólares al gobierno para el prepago de la deuda (18/02/2005); finalmente, para el periodo de intervención con opciones se incluyeron algunos de los anuncios de convocatoria de subastas, como por ejemplo, el del 16 de mayo de 2003 en el que se informó al mercado la decisión de no convocar subasta de opciones *call* cuando éste lo esperaba.

Con el objetivo de controlar por los efectos que pueden tener otros anuncios macroeconómicos sobre la tasa de cambio, se introdujo la variable  $AE_t$ . En algunas especificaciones  $AE_t$  se divide en tantas variables como variables macroeconómicas se introduzcan y puede ser una variable *dummy* que toma el valor de 1 si en el día  $t$  hubo anuncio sobre el valor de la variable, o una variable que representa la desviación entre el dato verdadero y la cifra esperada por el mercado. En este último caso se pretende incluir como variable explicativa, el componente inesperado de las variables, de tal forma que el efecto de un anuncio macroeconómico sobre la tasa de cambio crece con la desviación de la cifra reportada respecto a la cifra esperada. En este trabajo se incluyen los anuncios sobre cifras de crecimiento económico, inflación, balanza comercial, déficit fiscal y desempleo en Colombia y en Estados Unidos. La construcción de esta variable se realizó a partir de la serie de anuncios macroeconómicos reportados por Bloomberg y haciendo una inspección de los informes de mercado de algunos bancos para todo el periodo de flotación.

Como la tasa de cambio de países emergentes es continuamente influenciada por eventos políticos, se incluye la variable  $NP_t$  que toma el valor de 1 si en el momento  $t$  ocurrió un evento extraeconómico que pudiera haber afectado el tipo de cambio. Las variables  $VTES_t$  y  $VBVC_t$  son el cuadrado de los cambios logarítmicos de los índices de precios de los bonos de deuda pública y de la bolsa de valores<sup>8</sup>, con las cuales se busca incorporar los efectos de variables que afectan la volatilidad de los mercados, que pueden por tanto afectar a la volatilidad de la tasa de cambio y que

---

<sup>8</sup> Fuente Corfivalle y Bolsa de Valores de Colombia respectivamente.

no son capturados por las variables de anuncios incluidas. También se introduce en la ecuación de volatilidad una variable  $Volum_t$  que en algunos casos representa el volumen total de negociación y en otros la cantidad de dólares negociados por otros agentes diferentes al BR.

Adicionalmente a los términos autorregresivos y de media móvil, hay dos aspectos a tener en cuenta en la especificación del modelo que pueden contribuir a explicar mejor las características de la distribución de los retornos de la tasa de cambio. Primero, en la ecuación de media se introduce un término en función de la volatilidad  $f(h_t)$ , con el cual se introduce la posibilidad de que la volatilidad tenga efectos sobre la media y se explica intuitivamente por la relación riesgo-retorno por la cual se espera que los retornos se incrementen con el riesgo. Segundo, es posible que el modelo GARCH no logre explicar completamente la leptocurtosis de los retornos de la tasa de cambio si se supone que la distribución de los residuos es normal, dado que el desempeño de los modelos GARCH depende crucialmente de este supuesto, esta distribución no se restringe a la normal sino que se prueban otras alternativas como t-student y GED (*Generalized error distribution*).

### ***Limitaciones del modelo***

Además de las limitaciones propias de los modelos GARCH<sup>9</sup>, el modelo planteado presenta una limitación que se encuentra a lo largo de la literatura de intervención y que no es exclusiva de la metodología propuesta en esta investigación<sup>10</sup>. El problema consiste en la doble causalidad que puede existir entre la volatilidad y la intervención y entre los movimientos de la tasa de cambio y la acción del banco central, es decir, es posible que no sea la intervención la causante de los cambios en el nivel o la volatilidad de la tasa de cambio, sino que sean éstos los que causan la intervención. Esta indeterminación implica que los coeficientes estimados pueden estar sesgados y llevar a conclusiones erróneas. Por ejemplo, en el caso de las opciones *put* de acumulación, si el coeficiente asociado a la intervención en la ecuación de media es negativo, puede interpretarse que el BR ha intervenido en contra de la tendencia, cuando este resultado puede estar asociado con el hecho de que es rentable el ejercicio de las opciones si la tasa de cambio se revalúa.

La literatura presenta dos alternativas para abordar este problema. La primera consiste en rezagar la intervención (Guimaraes, 2004), y la segunda en utilizar un modelo probit en el que se estima si los movimientos o desviaciones de la tasa de cambio respecto a su tendencia reciente determinan estadísticamente la probabilidad de intervención. El modelo es el siguiente:

---

<sup>9</sup> Ver Johnston y Scott (1999, 2000) para un análisis de las limitaciones de los modelos GARCH.

<sup>10</sup> Los estudios de eventos y las regresiones lineales utilizadas en el estudio de la intervención también presentan el problema.

$$I_t = \alpha_0 + \alpha_1 \left( e_{t-1} - \sum_{i=1}^n e_{t-i} \right) + \alpha_2 \left( v_{t-1} - \sum_{i=1}^n v_{t-i} \right) \quad (4)$$

donde  $I_t$  es la variable dummy de intervención,  $e_t$  la tasa de cambio y  $v_t$  la volatilidad no condicional estimada en el modelo GARCH. Si  $\alpha_1$  o  $\alpha_2$  son significativos se tendría una prueba de que los movimientos de la tasa de cambio causan la intervención en el sentido de Granger

Para el caso de la relación entre la volatilidad y la intervención en Colombia, una solución es no introducir la intervención con opciones de control de volatilidad. Esta intervención ocurre como resultado de un gran movimiento de la tasa de cambio. En la medida en que el BR no utilice esas opciones podría pensarse que la volatilidad no es la causa de la intervención. Además de las opciones de solución anteriormente planteadas, en este trabajo se utilizan definiciones alternativas de intervención entre las que se encuentra la intervención como porcentaje del volumen de negociación, la intervención percibida y la intervención acumulada que permiten determinar qué tan robustos son los resultados y evaluar la presencia y magnitud de simultaneidad.

## V. Resultados

Teniendo en cuenta el cambio en los objetivos e instrumentos de intervención y las otras consideraciones expuestas en la sección III, la estimación de diferentes especificaciones del modelo GARCH propuesto se realizó para tres periodos diferentes: primero, el periodo completo del régimen de flotación en Colombia (septiembre de 1999 – abril de 2005); segundo, el periodo caracterizado por el uso de opciones de acumulación (septiembre 1999 – septiembre de 2004); y tercero, el periodo de intervención discrecional (septiembre de 2004 - abril de 2005) que se constituye en el de mayor interés. Por brevedad no se presentan todos los resultados.

Algunos resultados generales sobre los modelos son los siguientes. Primero, la totalidad de los modelos fue estimada suponiendo una distribución de los residuos GED diferente a la distribución normal. En esta distribución, el parámetro estimado se encontró generalmente entre 1.0 y 1.9, lo cual indica que la distribución de los errores presenta colas más gordas que la distribución normal para la cual el parámetro es 2. Segundo, el diferencial de tasas de interés y el *spread* de los bonos soberanos tienen los signos esperados en la ecuación de media: un aumento del primero está asociado con una revaluación de la tasa de cambio y un aumento del segundo está asociado con una devaluación. Tercero, aunque con coeficientes muy pequeños, en algunos casos insignificantes, bien sea el volumen total negociado o el monto de dólares transado por agentes diferentes al BR están asociados con un incremento de la volatilidad.

Cuarto, los determinantes de la tasa de cambio varían en el tiempo. Las variables que representan los eventos políticos nacionales e internacionales son relevantes en el análisis para el periodo completo y para la primera etapa de intervención, no así para la etapa de intervención discrecional. De igual forma las noticias sobre la economía de Estados Unidos son relevantes únicamente para la segunda etapa de intervención, lo cual tiene sentido dado que la intervención discrecional ocurre en un contexto de revaluación posiblemente explicado, en parte, por el estado de los fundamentales de la economía norteamericana. Quinto, tomadas individualmente, las noticias económicas de Estados Unidos y Colombia sobre el PIB, la balanza comercial, el déficit fiscal, la inflación y el desempleo no explican los retornos o la volatilidad de la tasa de cambio independientemente de la forma que tomen las variables: variables *dummy* o la diferencia entre el valor esperado y el verdadero valor publicado. Sexto, las variables que capturan la intervención del Ministerio de Hacienda y la intervención conjunta de éste y el BR no fueron significativas.

Adicionalmente, para todas las versiones del modelo se realizaron las pruebas de especificación. En primer lugar se verificó que no hubiera presencia de raíz unitaria en la ecuación de volatilidad, es decir, que la suma de los parámetros ARCH/GARCH fuera menor a uno (para un modelo GARCH(1,1) la condición es  $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ ). En segundo lugar, se realizaron las pruebas de autocorrelación de los residuos obtenidos de la estimación de los modelos, en las cuales se busca no rechazar la hipótesis nula de que no hay autocorrelación de los residuos estandarizados o de los residuos estandarizados al cuadrado hasta el rezago k utilizando el estadístico Q de Ljung-Box. La correcta especificación de la ecuación de media exige que los residuos estandarizados no estén autocorrelacionados, mientras que la buena especificación de la ecuación de volatilidad implica la no autocorrelación de los errores estandarizados al cuadrado. Para esta ecuación también se utiliza la prueba ARCH-LM con la que se pretende determinar si no hay efectos ARCH adicionales, probando la hipótesis nula que en los residuos no hay efectos ARCH hasta el orden q. El rechazo de la hipótesis nula implica una incorrecta especificación y requiere que más parámetros ARCH/GARCH sean incluidos. El resultado de estas pruebas en todos los modelos fue satisfactorio, la prueba ARCH-LM se presenta en las tablas de resultados y algunos correlogramas en el anexo 2.

En el modelo 1 de la tabla 4 se presenta la estimación del modelo para el periodo de análisis completo. Se observa, además de lo anteriormente mencionado para las tasas de interés y el *spread* de los bonos soberanos, que las noticias políticas nacionales e internacionales relacionadas con el país tienden a aumentar la volatilidad y a generar devaluación y que los anuncios sobre variables económicas importantes también son significativos. En la ecuación de volatilidad es importante destacar el valor de los coeficientes y la significancia de los parámetros ARCH y GARCH que confirman la elección del modelo y también la significancia de las demás variables.

**Tabla 4**  
**Efectos de la intervención cambiaria del BR (1999 – 2005)**

<b>Modelo</b>	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>
<b>Observaciones</b>	1301	1301	1301
<b>Distribución residuos</b>	GED	GED	GED
<b>No. iteraciones para convergencia</b>	40	42	42
<b>Var .dependiente****</b>	RTCC	RTCC	RTCC
<b>Ecuación de Media</b>			
<b>Variables Independientes</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>
Constante	-0.001032 (0.000609)***	-0.001353 (0.000614)**	
Dif. Tasa de interés	-0.023434 (0.004938)*	-0.013794 (0.006892)**	-0.024200 (0.004119)*
Spread Embi (Riesgo)	0.027063 (0.004966)*	0.040373 (0.007591)*	0.027351 (0.004008)*
Intervención total	-1.73E-05 (5.70E-06)*		
Intervención total (-1)		-7.77E-06 (6.17E-06)	
Intervención discrecional			-1.54E-05 (1.39E-05)
Intervención con opciones			5.23E-08 (2.68E-050)
Noticias políticas nacionales	0.005742 (0.001246)*	0.005860 (0.001242)*	0.005771 (0.001270)*
Noticias políticas internacionales	0.004698 (0.001548)*	0.004597 (0.001538)*	0.004807 (0.001491)*
Noticias de economía colombiana 1	-0.000571 (0.000256)**	-0.000639 (0.000253)**	-0.000654 (0.000250)*
Retorno tasa de cambio (-2)	-0.058815 (0.027125)**	-0.069152 (0.027438)**	-0.054648 (0.02561)**
<b>Ecuación de Volatilidad</b>			
Constante	4.25E-08 (1.53E-06)	-4.21E-07 (1.46E-06)	-3.54E-07 (1.43E-06)
Residuo (-1)^2	0.171131 (0.042000)*	0.169381 (0.041733)*	0.158185 (0.034052)*
GARCH (-1)	0.675687 (0.054707)*	0.674309 (0.054735)*	0.665655 (0.031656)*
Dif. Tasa de interés	-3.19E-05 (1.72E-05)***	-3.43E-05 (1.72E-05)**	-3.41E-05 (1.50E-05)**
Spread (Riesgo)	3.56E-05 (2.18E-05)	4.48E-05 (2.24E-05)**	4.51E-05 (2.10E-05)**
Intervención total absoluta	5.76E-09 (2.70E-08)		
Intervención total absoluta (-1)		4.52E-08 (3.45E-08)	
Intervención discrecional absoluta			8.43E-08 (1.02E-07)
Intervención opciones absoluta			-4.05E-07 (4.22E-08)*
Noticias políticas nacionales	1.56E-05 (9.18E-06)***	1.51E-05 (9.07E-06)***	1.74E-05 (8.79E-06)**
Noticias políticas internacionales	1.73E-05 (1.02E-05)***	1.71E-05 (9.89E-06)***	2.74E-05 (9.11E-06)*
Volumen otros agentes	8.42E-09 (2.39E-09)*	8.38E-09 (2.39E-09)*	9.12E-09 (2.11E-09)*
GED PARAMETRO	1.295126 (0.055395)*	1.300233 (0.054796)*	1.297906 (0.053543)*
R-squared	0.029598	0.027711	0.024645
Adjusted R-squared	0.017506	0.014828	0.010951
S.E. of regression	0.004758	0.004764	0.004773
Sum squared resid	0.029063	0.029120	0.029212
Log likelihood	5343.410	5340.983	5340.852
Mean dependent var	0.000173	0.000173	0.000173
S.D. dependent var	0.004800	0.004800	0.004800
Akaike info criterion	-8.188179	-8.182910	-8.181171
Schwarz criterion	-8.120611	-8.111368	-8.105655
Durbin-Watson stat	1.942642	1.907465	1.922465
<b>Test ARCH LM</b>			
F-statistic	0.788488	0.746796	1.013376
Probability	0.640047	0.679286	0.429565
Obs*R-squared	7.903951	7.659835	10.14056
Probability	0.638218	0.662025	0.428249

\* Significativo al 1%      \*\* Significativo al 5%      \*\*\* Significativo al 10%  
\*\*\*\* Variable dependiente: Retorno de la tasa de cambio (precios de cierre)



**Tabla 5**  
**Efectos de la intervención cambiaria del BR (1999 – 2005)**

<b>Modelo</b>	<b>Modelo 4 (t16)</b>	<b>Modelo 5 (t17)</b>	<b>Modelo 6 (t 18)</b>
<b>Observaciones</b>	1301	1301	1301
<b>Distribución residuos</b>	GED	GED	GED
<b>No. iteraciones para convergencia</b>	50	49	63
<b>Var .dependiente****</b>	RTCC	RTCC	RTCC
<b>Ecuación de Media</b>			
<b>Variables Independientes</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>
Constante			
Dif. Tasa de interés	-0.024441 (0.004784)*	-0.026750 (0.004829)*	-0.025895 (0.004963)*
Spread Embi (Riesgo)	0.026314 (0.004850)*	0.027776 (0.004974)*	0.029038 (0.005068)*
Intervención opciones volatilidad			-1.97E-06 (2.00E-05)
Interv. opciones acum/desac.	-1.71E-05 (5.30E-06)*		
Interv. opciones acum/desac.(-1)		-8.63E-06 (6.40E-06)	
Noticias políticas nacionales	0.006011 (0.001387)*	0.005538 (0.001281)*	0.005491 (0.001469)*
Noticias políticas internacionales	0.004870 (0.001000)*	0.004623 (0.001036)*	0.004344 (0.001842)*
Noticias de economía colombiana 1			-0.000690 (0.000257)*
Retorno tasa de cambio (-2)			-0.056161 (0.02885)***
<b>Ecuación de Volatilidad</b>			
Constante	-6.37E-07 (1.54E-06)	-2.82E-06 (2.84E-06)	-1.84E-06 (2.40E-06)
Residuo (-1)^2	0.165653 (0.042329)*	0.134910 (0.042691)*	0.119019 (0.043863)*
Residuo (-2)^2		0.173267 (0.045965)*	0.164262 (0.052099)*
GARCH (-1)	0.667440 (0.058473)*	-0.121843 (0.086989)	0.020748 (0.083566)
GARCH (-2)		0.443406 (0.099969)*	0.379964 (0.095091)*
Dif. Tasa de interés	-3.19E-05 (1.78E-05)***	-8.83E-05 (3.18E-05)*	-6.90E-05 (2.73E-05)**
Spread (Riesgo)	4.78E-05 (2.22E-05)**	0.000138 (4.50E-05)*	0.000100 (3.93E-05) **
Interv. opción volatilidad abs.			-1.36E-07 (4.50E-07)
Interv. opción acum/desac abs.	-2.84E-08 (2.37E-08)		
Interv. opción acum/desac.abs (-1)		6.93E-09 (4.84E-08)	
Noticias políticas nacionales	2.12E-05 (9.29E-06)**	2.20E-05 (1.01E-05)*	2.63E-05 (1.61E-05)**
Noticias políticas internacionales			2.54E-05 (1.74E-05)**
Volumen total de negociación	1.01E-08 (2.61E-09)*	2.42E-08 (4.54E-09)*	1.98E-08 (4.15E-09)*
GED PARAMETRO	1.272934 (0.055841)*	1.330864 (0.059469)*	1.353224 (0.058752)*
R-squared	0.026293	0.023163	0.030529
Adjusted R-squared	0.016458	0.011760	0.016917
S.E. of regression	0.004760	0.004772	0.004759
Sum squared resid	0.029162	0.029256	0.029036
Log likelihood	5335.822	5339.206	5345.929
Mean dependent var	0.000173	0.000173	0.000173
S.D. dependent var	0.004800	0.004800	0.004800
Akaike info criterion	-8.181125	-8.183253	-8.188977
Schwarz criterion	-8.125481	-8.119660	-8.113460
Durbin-Watson stat	1.928132	1.919242	1.918421
<b>Test ARCH LM</b>			
F-statistic	1.0106544	1.107983	1.000393
Probability	0.342566	0.352355	0.317426
Obs*R-squared	11.034261	11.07914	1.001264
Probability	0.3500432	0.351385	0.317005

\* Significativo al 1%      \*\* Significativo al 5%      \*\*\* Significativo al 10%  
\*\*\*\* Variable dependiente: Retorno de la tasa de cambio (precios de cierre)

El resultado más interesante es que el coeficiente asociado a la intervención es significativamente diferente de cero y presenta signo negativo, no obstante su magnitud es muy pequeña. Este resultado, que es contraintuitivo y puede indicar la presencia de simultaneidad entre los movimientos de la tasa de cambio y la intervención, puede explicarse por la lógica de funcionamiento de las opciones, ya que las *put* (*call*) son financieramente rentables para los agentes si la tasa de cambio se revalúa (devalúa) de tal forma que pueden comprar (vender) los dólares a un precio y vendérselos (comprárselos) al BR a un precio mayor (menor). Para resolver este problema se utilizó la solución propuesta en la literatura (ej. Guimares, 2004) consistente en rezagar la intervención, cuyo resultado se presenta en el modelo 2 de la tabla 4 y que muestra que la intervención no tuvo efectos en la media y en la volatilidad de la tasa de cambio. Esto es confirmado al utilizar otras soluciones entre las que se encuentran definir la variable de intervención como la intervención acumulada entre  $t-5$  y  $t$  o como la intervención como porcentaje del volumen.

El resultado anterior fue corroborado utilizando otras especificaciones. Se estimó el mismo modelo separando la variable de intervención entre intervención discrecional e intervención con opciones (modelo 3 de la tabla 4) y tomando cada tipo de intervención por separado: discrecional, opciones de volatilidad y opciones de acumulación/desacumulación. En éste último modelo se repite el signo negativo para el coeficiente de la variable de intervención. Todos estos modelos, algunos de los cuales se presentan en la tabla 5, estimados con intervención contemporánea y rezagada, indican que la intervención del BR durante el régimen de flotación no ha tenido efectos sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio. Finalmente, es importante destacar que la estimación utilizando únicamente intervención con opciones de volatilidad arroja que este tipo de intervención no ha tenido efectos significativos sobre la volatilidad del tipo de cambio (modelo 6 de la tabla 5).

Con el fin de confirmar los resultados anteriormente expuestos, se realizó la prueba de causalidad de Granger de los movimientos de la tasa de cambio hacia la intervención estimando el modelo planteado en la sección IV. En la estimación se tomaron dos alternativas, una en la que los promedios móviles del lado derecho de la ecuación 4 comienzan en  $t$  y otra en la que empiezan en  $t-1$ . Los resultados correspondientes al modelo 1 de la tabla 4 (ver tabla 6) proveen evidencia de que los movimientos de la tasa de cambio no causan contemporáneamente la intervención en el sentido de Granger y por lo tanto que no habría simultaneidad en el modelo. Se escogió una longitud de veinte días (20) para los promedios móviles por que ésta es la que el BR utiliza en las reglas de intervención con las opciones. Es importante anotar que estos resultados son robustos a diferentes promedios móviles y que fueron satisfactorios en todos los modelos estimados.

Al estimar el modelo para la primera etapa de intervención únicamente (1999 – 2004) se obtienen resultados similares a los ya presentados. Sin embargo, en el modelo que presenta la

intervención contemporánea se obtiene nuevamente un coeficiente significativo, que si bien es muy pequeño en magnitud, presenta signo negativo. Adicionalmente se encuentra que la intervención con opciones tiene un efecto negativo, muy tenue pero significativo, sobre la volatilidad. Estos resultados cambian cuando se rezaga la intervención con el fin de corregir los efectos de la posible presencia de simultaneidad. Si alternativamente se utilizan variables *dummy* de intervención los resultados son similares. Las estimaciones de estos modelos se presentan en la tabla 7.

**Tabla 6**  
**Modelo Probit de causalidad de Granger**

Variable dependiente: Dummy Intervención Total		
Variable Independiente	Modelo 1	Modelo 2
	Coefficiente (s.e)	Coefficiente (s.e)
Constante	-0.432265 (0.070262)*	-0.472622 (0.074875)*
Desviación de la media	19.26509 (13.90578)	
Desviación de la volatilidad	2.56E-11 (7.00E-11)	
Desviación de la media (-1)		-0.004337 (0.002717)
Desviación de la volatilidad (-1)		2.14E-11(6.99E-11)
Estadísticas del modelo probit		
Mean dependent var	0.343109	0.342105
S.E. of regression	0.475253	0.474458
Sum squared resid	76.34258	76.31258
Log likelihood	-218.3385	-218.3181
Restr. log likelihood	-219.2889	-219.7083
LR statistic (2 df)	1.900638	2.780560
Probability(LR stat)	0.386618	0.249006
S.D. dependent var	0.475445	0.475110
Akaike info criterion	1.298173	1.294258
Schwarz criterion	1.331885	1.327896
McFadden R-squared	0.004334	0.006328

\* Significativo al 1%

\*\* Significativo al 5%

\*\*\* Significativo al 10%

Para el periodo de intervención discrecional se utilizó en la mayoría de los modelos el retorno rezagado de los TES como variable explicativa porque el desempeño de los modelos mejoró respecto a aquellos en los que se usó el EMBI y el diferencial de tasas de interés. Los resultados de la estimación para esta segunda etapa de intervención se presentan en las tablas 8, 9 y 10. Los resultados indican en general que la intervención en montos no ha tenido efectos sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio. Diferentes especificaciones arrojan los mismos resultados. La intervención definida como porcentaje del volumen de negociación, intervención percibida, intervención acumulada y presencia del banco central, no tienen efectos sobre la media ni sobre la volatilidad de la tasa de cambio. En algunas estimaciones como la que se presenta en el modelo 9

**Tabla 7**  
**Efectos de la intervención cambiaria del BR (1999 – 2004)**

<b>Modelo</b>	<b>Modelo 7 (t19)</b>	<b>Modelo 8(t20)</b>
Observaciones	1150	1150
Distribución residuos	GED	GED
No. iteraciones para convergencia	126	62
Var .dependiente****	RTCC	RTCC
<b>Ecuación de Media</b>		
<b>Variables Independientes</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>
Constante		
Dif. Tasa de interés	-0.019694 (0.005780)*	-0.024388 (0.004894)*
Spread Embi (Riesgo)	0.020692 (0.005874)*	0.027995 (0.004941)*
Intervención total	-1.27E-05 (1.66E-06)*	
Intervención total (-1)		-9.61E-06 (6.47E-06)
Noticias políticas nacionales	0.004846 (0.001525)*	0.006103 (0.001397)*
Noticias Políticas internacionales	0.00395 (0.002163)***	0.005027 (0.001536)*
Noticias de economía colombiana 1		-0.000669 (0.000258)*
Retorno tasa de cambio (-2)	-0.073188 (0.031976)**	-0.065367 (0.028451)**
<b>Ecuación de Volatilidad</b>		
Constante	-1.09E-06 (1.13E-06)	-2.32E-07 (1.65E-06)
Residuo (-1)^2	0.150220 (0.034884)*	0.162035 (0.046571)*
Residuo (-2)^2		
GARCH (-1)	0.600058 (0.051804)*	0.657267 (0.065414)*
GARCH (-2)		
Dif. Tasa de interés	-4.19E-05 (1.50E-05)*	-3.94E-05 (2.01E-05)**
Spread (Riesgo)	7.25E-05 (2.11E-05)*	4.90E-05 (2.52E-05)***
Intervención total absoluta	-3.40E-08 (1.35E-08)**	
Intervención total absoluta (-1)		2.98E-08 (3.60E-08)
Noticias políticas nacionales	2.36E-05 (9.10E-06)*	1.96E-05 (1.10E-05)***
Noticias Políticas internacionales	2.02E-05 (1.02E-05)**	1.56E-05 (9.69E-06)
Volumen otros agentes	1.24E-08 (2.35E-09)*	9.06E-09 (2.76E-09)*
GED PARAMETRO	1.998800 (0.058505)*	1.265114 (0.056475)*
R-squared	0.044625	0.033951
Adjusted R-squared	0.031988	0.020309
S.E. of regression	0.004483	0.004510
Sum squared resid	0.022786	0.023041
Log likelihood	4740.608	4775.696
Mean dependent var	0.000268	0.000268
S.D. dependent var	0.004556	0.004556
Akaike info criterion	-8.216710	-8.275993
Schwarz criterion	-8.146483	-8.201378
Durbin-Watson stat	1.920390	1.893720
<b>Test ARCH LM</b>		
F-statistic	0.999509	0.604179
Probability	0.441695	0.811299
Obs*R-squared	10.00391	6.068186
Probability	0.440150	0.809502

\* Significativo al 1%      \*\* Significativo al 5%      \*\*\* Significativo al 10%  
\*\*\*\* Variable dependiente: Retorno de la tasa de cambio (precios de cierre)

de la tabla 8 aparentemente podría haber problemas de simultaneidad ya que el coeficiente de la variable de intervención tiene signo negativo y es significativo, no obstante el coeficiente es prácticamente cero. Al utilizar diferentes especificaciones el problema desaparece (tabla 8, modelo 10). Cuando se realiza la estimación con la intervención rezagada (tabla 9, modelo 12), se obtiene que ésta no es significativa y se confirman los resultados de la ineffectividad de la intervención para afectar tanto la media como la volatilidad de la tasa de cambio. El hecho que la intervención discrecional del día anterior no tenga efectos sobre el tipo de cambio se constituye en una prueba adicional de la ineffectividad de la intervención discrecional aún en el corto plazo.

Es interesante observar que en los modelos 15 y 17 presentados en la tabla 10 donde se utiliza la intervención percibida por el mercado y la intervención acumulada, y en los cuales no debe haber simultaneidad por la forma como fueron construidas las variables, nuevamente se obtiene un coeficiente negativo, muy pequeño en magnitud, pero estadísticamente significativo. Esto se puede interpretar como otra señal de que la intervención no ha sido efectiva para revertir la tendencia de la tasa de cambio y de que la intervención del BR ha sido realizada en contra de la tendencia.

Sin embargo, los resultados no indican la completa inoperancia de la intervención sobre la tasa de cambio. Los modelos 9, 10, 11 y 12 (tablas 8 y 9) muestran que los anuncios cambiarios han tenido efectos significativos sobre el nivel de la tasa de cambio (un anuncio genera en promedio una devaluación de entre 0.28% y 0.31%) y que el efecto combinado de anuncios e intervención cambiaria también ha tenido un efecto pequeño (una intervención de 100 millones de dólares genera una devaluación menor a 0.012%) pero significativo sobre la tasa de cambio afectándola en la dirección de la intervención, pero no ha tenido efectos sobre la volatilidad. Este efecto combinado de anuncios e intervención se presentó el 21 de diciembre de 2004, día en el que el BR realizó la intervención de mayor magnitud utilizando el mecanismo discrecional, opciones de control de volatilidad y acompañando la operación con el anuncio cambiario que informaba que la intervención discrecional continuaría indefinidamente y que se cerraba la ventanilla de contracción como medidas para controlar la revaluación. La magnitud del coeficiente de esta variable de intervención es, sin embargo, poco representativa. Adicionalmente, el modelo 13 (tabla 9) presenta evidencia de que el efecto de la acción combinada de la intervención discrecional y los anuncios cambiarios tiene un efecto de corto plazo, que se produce en el día  $t$  pero que no se extiende al día  $t+1$ .

En el modelo 14 (tabla 9) se presenta una estimación en la que se toman los anuncios cambiarios individualmente para estimar la magnitud del efecto de cada uno. Se destacan el anuncio que notificó el comienzo de la intervención discrecional y el anuncio del día 21 de diciembre de 2004 con el que se informó el cierre de la ventanilla de contracción y la continuación indefinida de la intervención discrecional, como aquellos con un efecto de devaluación mas significativo.

**Tabla 8**  
**Efectos de la intervención cambiaria del BR (2004 – 2005)**

<b>Modelo</b>	<b>Modelo 9 (t9)</b>	<b>Modelo 10 (t 10)</b>	<b>Modelo 11 (t11)</b>
<b>Observaciones</b>	365	365	365
<b>Distribución residuos</b>	GED	GED	GED
<b>No. iteraciones convergencia</b>	31	65	27
<b>Var .dependiente****</b>	RTCC	RTCC	RTCC
<b>Ecuación de Media</b>			
<b>Variables Independientes</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>
Constante	-0.000157 (0.000221)	-0.000617 (0.000520)	-0.001291 (0.001482)
Dif. Tasa de interés			-0.013925 (0.004427)*
Retorno TES	-0.673658 (0.049674)*	-0.666592 (0.049686)*	
Intervención total	-5.79E-06 (2.37E-06)**		
Intervención total (-1)			
Intervención discrecional		8.76E-07 (1.21E-05)	
Intervención percibida 1			-0.000850 (0.000527)
Intervención total acumulada			
Dummy anuncios cambiarios	0.002895 (0.001189)**	0.003068 (0.001032)*	0.002309 (0.001197)**
Int*dummy anuncios camb. *****	0.000106 (1.59E-05)*		
Int*dummy anuncios camb. (-1)			
Noticias políticas nacionales		0.002961 (0.002367)	
Noticias de economía USA 1		-0.00073 (0.00043)***	
<b>Ecuación de Volatilidad</b>			
Constante	-1.15E-06 (1.15E-06)	-6.71E-07 (1.07E-06)	-2.60E-06 (9.16E-07)*
Residuo (-1)^2	0.218587 (0.069090)*	0.188767 (0.067018)*	0.158711 (0.067844)**
GARCH (-1)	0.609807 (0.067614)*	0.640605 (0.088323)*	0.710876 (0.086201)*
Dif. Tasa de interés			
Spread (Riesgo)			
Intervención total absoluta	-3.88E-08 (2.16E-08)***		
Intervención total absoluta (-1)			
Intervención discrecional abs.		2.79E-08 (6.04E-08)	
Intervención percibida 1			-1.01E-06 (1.54E-06)
Intervención total acumulada abs.			
Volumen otros agentes	1.11E-08 (3.77E-09)*	8.12E-09 (3.61E-09)*	
Volumen total de negociación			1.38E-08 (4.75E-09)*
GED PARAMETRO	1.881137 (0.215945)*	1.865572 (0.234974)*	1.700424 (0.230333)*
R-squared	0.273755	0.285000	-0.001997
Adjusted R-squared	0.253239	0.264802	-0.024513
S.E. of regression	0.004594	0.004558	0.005381
Sum squared resid	0.007471	0.007356	0.010308
Log likelihood	1503.092	1503.946	1444.404
Mean dependent var	-0.000552	-0.000552	-0.000552
S.D. dependent var	0.005316	0.005316	0.005316
Akaike info criterion	-8.175845	-8.180528	-7.865228
Schwarz criterion	-8.058314	-8.062997	-7.769067
Durbin-Watson stat	1.968168	1.925859	1.977693
<b>Test ARCH LM</b>			
F-statistic	0.424424	1.239969	0.520693
Probability	0.934493	0.265710	0.471012
Obs*R-squared	4.326574	1.240789	0.522818
Probability	0.931414	0.265319	0.469642

\* Significativo al 1%      \*\* Significativo al 5%      \*\*\* Significativo al 10%  
\*\*\*\* Variable dependiente: Retorno de la tasa de cambio (precios de cierre)  
\*\*\*\*\* Variable resultado del producto de la dummy de anuncios y los montos de intervención.

**Tabla 9**  
**Efectos de la intervención cambiaria del BR (2004 – 2005)**

<b>Modelo</b>	<b>Modelo 12 (t12)</b>	<b>Modelo 13 (t24)</b>	<b>Modelo 14 ()</b>
<b>Observaciones</b>	365	365	365
<b>Distribución residuos</b>	GED	GED	GED
<b>No. iteraciones convergencia</b>	111	20	87
<b>Var .dependiente****</b>	RTCC	RTCC	RTCC
<b>Ecuación de Media</b>			
<b>Variables Independientes</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>
Constante	-0.000273 (0.00011)**	-7.22E-05 (0.000210)	-0.000119 (0.000220)
Dif. Tasa de interés			
Retorno TES	-0.694992 (0.050865)*	-0.742672 (0.050680)*	-0.673368 (0.051433)*
Intervención total (-1)	1.22E-05 (1.26E-05)		1.90E-06 (1.19E-05)
Int*dummy anuncios cambiarios *****	8.42E-05 (3.75E-05)**		
Int*dummy anuncios cambiarios (-1)		9.64E-05 (0.002001)	
Anuncio 9 de enero de 2004			-0.003186(0.904296)
Anuncio 14 de mayo de 2004			0.006259 (2.727991)
Anuncio 23 de julio de 2004			-0.003553 (51.58442 )
Anuncio 20 de agosto de 2004			0.037115 (0.045511)
Anuncio 17 de septiembre de 2004			0.020564 (0.001325)*
Anuncio 29 de septiembre de 2004			0.0023895 (0.001189)**
Anuncio 15 de diciembre de 2004			0.0015102 (0.002410)***
Anuncio 21 de diciembre de 2004			0.0238955 (0.00215)*
Anuncio 18 de febrero de 2005			-0.061416 (0.046479)
Otros anuncios			0.0026379 (0.000987)**
<b>Ecuación de Volatilidad</b>			
Constante	-6.86E-07 (1.09E-06)	-9.04E-07 (9.67E-07)	-7.93E-07 (9.80E-07)
Residuo (-1)^2	0.188119 (0.073985)**	0.149619 (0.055543)*	0.193468 (0.072946)*
GARCH (-1)	0.645449 (0.094672)*	0.600039 (0.079447)*	0.629920 (0.105994)*
Dif. Tasa de interés			
Spread (Riesgo)			
Intervención total absoluta			
Intervención total absoluta (-1)	1.90E-08 (6.72E-08)		1.98E-08 (5.97E-08)
Int*dummy anuncios camb (-1)		6.64E-06 (7.33E-06)	
Dummy anuncios cambiarios			-1.01E-06 (1.58E-06)
Volumen otros agentes		1.10E-08 (3.33E-09)*	
Volumen total de negociación	8.08E-09 (3.43E-09)**		8.59E-09 (3.21E-)*
GED PARAMETRO	1.847219 (0.237695)*	1.999129 (0.272074)*	
R-squared	0.294551	0.312159	0.310718
Adjusted R-squared	0.278654	0.298634	0.285189
S.E. of regression	0.004520	0.004457	0.004495
Sum squared resid	0.007253	0.007072	0.007091
Log likelihood	1495.099	1497.781	1502.755
Mean dependent var	-0.000545	0.3502	2.023050
S.D. dependent var	0.005322	0.0071	-0.000552
Akaike info criterion	-8.165377	0.0000	0.005316
Schwarz criterion	-8.069019	0.0010	-8.157561
Durbin-Watson stat	1.933972	0.3655	-8.007976
<b>Test ARCH LM</b>			
F-statistic	1.052259	0.019214	0.823755
Probability	0.399145	0.889832	0.684396
Obs*R-squared	10.53722	0.019319	16.69406
Probability	0.394690	0.889455	0.672741

\* Significativo al 1%      \*\* Significativo al 5%      \*\*\* Significativo al 10%  
\*\*\*\* Variable dependiente: Retorno de la tasa de cambio (precios de cierre)  
\*\*\*\*\* Variable resultado del producto de la dummy de anuncios y los montos de intervención.



**Tabla 10**  
**Efectos de la intervención cambiaria del BR (2004 – 2005)**

<b>Modelo</b>	<b>Modelo 15 (t 21)</b>	<b>Modelo 16 (t 22)</b>	<b>Modelo 17 (t 23)</b>
<b>Observaciones</b>	354	354	354
<b>Distribución residuos</b>	GED	GED	GED
<b>No. iteraciones convergencia</b>	39	28	81
<b>Var .dependiente****</b>	RCTAV	RCTAV	RCTAV
<b>Ecuación de Media</b>			
<b>Variables Independientes</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>
Constante			
Retorno TES	-0.345686 (0.047166)*	-0.385539 (0.046785)*	-0.372045 (0.049279)*
Intervención percibida 1	-0.001053 (0.000370)*		
Dummy intervención disc.		-0.000236 (0.000345)	
Intervención total acumulada			-6.24E-06 (2.36E-06)*
Int*dummy anuncios cambiarios ****	5.11E-04 (1.27E-05)*	4.63E-05 (1.31E-05)*	6.00E-05 (1.20E-05)*
Retorno tasa de cambio prom. (-1)	0.213450 (0.056133)*	0.226553 (0.058143)*	0.205019 (0.057521)*
Retorno tasa de cambio prom. (-2)	-0.09539 (0.05151)***	-0.097116 (0.05282)**	-0.123945 (0.05294)**
Retorno tasa de cambio prom. (-11)	-0.113023 (0.043100)*	-0.114968 (0.043541)*	-0.110296 (0.042801)*
<b>Ecuación de Volatilidad</b>			
Constante	-1.49E-06 (3.72E-06)	1.23E-06 (4.52E-06)	-3.79E-06 (3.45E-06)
Residuo (-1)^2	0.182457 (0.061261)*	0.186367 (0.057187)*	0.194109 (0.063345)*
GARCH (-1)	0.669225 (0.085126)*	0.702142 (0.061048)*	0.666845 (0.080914)*
Dif. Tasa de interés	8.83E-05 (5.61E-05)	9.03E-05 (7.00E-05)	0.000125 (5.43E-05)**
Spread (Riesgo)	-0.000146 (7.1E-05)**	-0.000228 (1.21E-05)*	-0.00015 (9.02E-05)***
Intervención percibida 1	-1.64E-06 (1.41E-06)		
Dummy intervención disc.		-1.51E-06 (1.50E-06)	
Intervención total acumulada			-4.15E-10 (7.96E-09)
Volumen total de negociación	1.25E-08 (3.70E-09)*	1.32E-08 (3.11E-09)*	1.27E-08 (3.58E-09)*
GED PARAMETRO	1.531493 (0.194653)*	1.604010 (0.217825)*	1.573372 (0.202728)
R-squared	0.185302	0.189038	0.182758
Adjusted R-squared	0.154152	0.158031	0.151511
S.E. of regression	0.004533	0.004523	0.004540
Sum squared resid	0.006986	0.006954	0.007008
Log likelihood	1483.571	1480.078	1483.004
Mean dependent var	-0.000523	-0.000523	-0.000523
S.D. dependent var	0.004929	0.004929	0.004929
Akaike info criterion	-8.302660	-8.282925	-8.299455
Schwarz criterion	-8.149637	-8.129902	-8.146432
Durbin-Watson stat	2.111306	2.128980	2.106377
<b>Test ARCH LM</b>			
F-statistic	0.339927		0.318856
Probability	0.969664		0.976003
Obs*R-squared	3.476072		3.262646
Probability	0.967905		0.974550

\* Significativo al 1%      \*\* Significativo al 5%      \*\*\* Significativo al 10%  
\*\*\*\* Variable dependiente: Retorno de la tasa de cambio promedio.

A partir de lo explicado anteriormente, se puede concluir que para que la intervención discrecional tenga un efecto significativo sobre la tasa de cambio y logre afectar su tendencia al menos en el corto plazo, la cantidad de dólares comprados por el BR debe tener una magnitud mayor tanto absoluta como con respecto al volumen de negociación, la intervención debe realizarse de forma continua y si es posible, acompañada de anuncios cambiarios que le impriman la credibilidad necesaria. Adicionalmente, cabe reiterar que este trabajo encuentra relevancia para la

intervención realizada a través de anuncios cambiarios y que los resultados que muestran la ineffectividad de la intervención son robustos ante múltiples definiciones de la variable que se utilice para representarla. Es importante resaltar que estos resultados, hallados con información de frecuencia diaria, confirman los hallados por Julio y Toro (2005) quienes utilizan una frecuencia intradiaria para un periodo ligeramente más corto. No obstante, a diferencia de esta investigación, Julio y Toro encuentran un efecto de mayor magnitud para el efecto combinado de anuncios e intervención sobre el nivel de la tasa de cambio, encuentran que este tipo de intervención aumenta la volatilidad y no hallan efectos significativos de los anuncios cambiarios tomados individualmente.

**Tabla 11**  
**Modelo Probit para causalidad de Granger**

<b>Variable dependiente: DIDISC, Dummy intervención discrecional</b>			
<b>Variable Independiente</b>	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>
	<b>Coficiente (s.e)</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>
Constante	-0.490883 (0.076139)*	-0.490883 (0.076139)*	-1.125627 (0.113183)*
Desviación de la media	-0.002231 (0.003294)		-0.002231 (0.003294)
Desviación de la varianza	-7.20E-11 (7.29E-11)		3.04E-11 (8.86E-11)
Desviación de la media (-1)		-0.006805 (0.002804)*	
Desviación de la varianza (-1)		-7.20E-11 (7.29E-11)	
Dummy de Intervención (-1)			2.296989 (0.186381)*
LR statistic (2 df)	0.150314	1.175110	226.3998
Probability(LR stat)	0.927598	0.555684	0.00000
<b>Variable Independiente</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>	<b>Modelo 6</b>
	<b>Coficiente (s.e)</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>	<b>Coficiente (s.e)</b>
Constante	-1.063614 (0.105106)*	-1.481099 (0.122433)*	-0.433509 (0.070439)*
Dummy de intervención (-1)	1.844107 (0.156783)*	2.582331 (0.189123)*	
Retorno tasa de cambio (-1)	-15.70405 (15.49681)		
Retorno tasa de cambio		1.666149 (17.22973)	4.285446 (14.02937)
Desviación de la varianza			3.38E-11 (6.95E-11)
LR statistic (2 df)	158.6335	242.7760	219.7083
Probability(LR stat)	0.00000	0.00000	0.150314

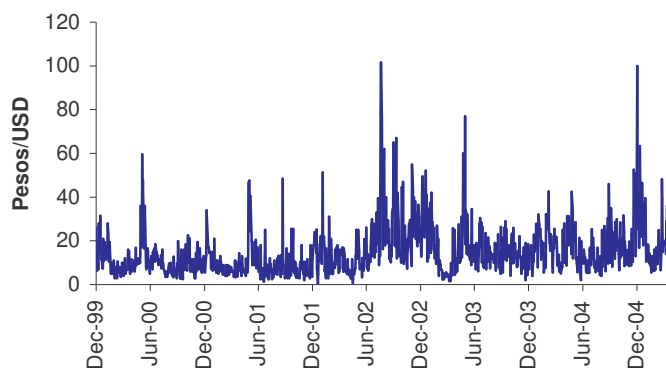
\* Significativo al 1%      \*\* Significativo al 5%      \*\*\* Significativo al 10%

Para los modelos correspondientes a la etapa de intervención discrecional también se llevaron a cabo las pruebas de causalidad estimando el modelo probit propuesto en la sección V y algunas modificaciones que incluyeron el retorno de la tasa de cambio, contemporáneo y rezagado, en vez de la desviación de la tasa de cambio respecto a su tendencia reciente. Los resultados que se presentan corresponden al modelo 9 (tabla 8) y muestran nuevamente que no hay evidencia para concluir que los movimientos de la tasa de cambio sean los que causan la intervención. En el

caso en que se incluyó la variable de intervención rezagada, se obtuvo evidencia de la existencia de persistencia en la intervención, es decir, la probabilidad de intervención en un día aumenta si hubo intervención en el día anterior. Estos resultados también se obtuvieron para los demás modelos presentados. Aunque los resultados son robustos a diferentes elecciones de media móvil, es importante tener en cuenta que el modelo probit se constituye en una aproximación a la función de reacción del BR y no es un método infalible para probar la simultaneidad. No obstante, los resultados de esta prueba, sumados a los de las diferentes especificaciones, indican que los resultados presentados sobre la ineffectividad de la intervención son confiables.

Hasta el momento los resultados señalan que la intervención del BR, sea ésta llevada a cabo a través de opciones o de forma discrecional, no ha tenido efectos significativos sobre el nivel ni la volatilidad de la tasa de cambio y que los efectos existen únicamente si la intervención se realiza a través de anuncios cambiarios y en montos muy significativos. Sin embargo, es muy difícil concluir que la intervención no afecta en absoluto a la tasa de cambio y tiene sentido suponer que debe existir algún efecto al menos en el muy corto plazo. Con el fin de probar esto, para la etapa de intervención discrecional, se estimó un modelo GARCH para la volatilidad intradiaria, medida ésta como la diferencia entre el precio más alto y el precio más bajo en cada día de negociación. El gráfico 6 sugiere que es posible estimar un modelo GARCH para modelar el rango de negociación.

**Gráfico 6**  
**Rango de negociación en COP/USD (1999 – 2005)**



Los resultados soportan las conclusiones anteriormente expuestas y muestran que el efecto de la intervención discrecional existe, pero que su duración es corta. Tanto los anuncios cambiarios como las diferentes formas de intervención que se han considerado en este trabajo, es decir, la intervención percibida por el mercado, la presencia del BR en el mercado, la intervención como porcentaje del volumen negociado y la intervención en montos, tienen un efecto positivo sobre el rango de negociación, y por lo tanto, puede decirse que la intervención tiende a aumentar la

volatilidad intradiaria de la tasa de cambio, y por la forma como está definida esta volatilidad, también puede decirse que tiene efectos de nivel de corto plazo. En el caso de la intervención como proporción del volumen el efecto sobre la volatilidad intradiaria también es significativo y muestra nuevamente que el efecto de la intervención aumenta con su peso específico en el mercado.

**Tabla 12**  
**Efectos de la intervención cambiaria del BR (1999 – 2005)**

<b>Modelo</b>	<b>Modelo1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>
<b>Observaciones</b>	365	204	204
<b>Distribución residuos</b>	GED	GED	GED
<b>No. iteraciones para convergencia</b>	65	26	31
<b>Variable. dep.: Rango negociación.</b>	TCHL	TCHL	TCHL
<b>Ecuación de Media</b>			
<b>Variables Independientes</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>
Constante	3.236623 (0.977986)*	3.962937 (1.445200)*	4.134864 (0.71817)***
Rango negociación (-1)	0.904335 (0.017789)*	0.869269 (0.023544)*	0.940200 (0.012715)*
Dummy anuncios cambiarios	7.031947 (1.800732)*	13.14923 (4.116069)*	9.133488 (3.820746)**
Intervención discrecional	0.030387 (0.010730)*		
Dummy intervención total		2.012116 (0.422713)*	
Dummy intervención % volumen		15.44595 (4.231134)*	
Intervención percibida 1			1.701575 (0.557753)*
Noticias PIB Colombia			10.17735 (2.916141)*
Noticias de economía colombiana 1	0.772870 (0.643489)		
Noticias políticas nacionales	3.186877 (2.324429)	5.013561 (2.371644)**	
Noticias políticas internacionales	6.481658 (7.115138)		
Noticias de economía USA 1	2.097676 (0.700589)*		
Declaraciones de la FED	0.611002 (1.401786)		
Declaraciones Colombia	0.001228 (2.444141)		
Int*dummy anuncios cambiarios *****	0.089523 (0.026849)*		
Promedio móvil (1)	-0.578249 (0.057995)*	-0.527713 (0.072677)*	-0.573476 (0.083423)*
Promedio móvil (2)	-0.155605 (0.055859)*	-0.207450 (0.066766)*	-0.20165 (0.082167)**
<b>Ecuación de Volatilidad</b>			
Constante	7.750314 (6.086565)	9.436396 (7.730548)	16.46352 (9.01247)***
Residuo (-1)^2	0.18808 (0.124035)***	0.188868 (0.134274)**	0.508238 (0.248146)**
GARCH (-1)	0.733380 (0.150471)*	0.701240 (0.173668)*	0.406282 (0.199397)**
GED PARAMETRO	0.933414 (0.114499)*	1.010142 (0.140636)*	1.112785 (0.175548)*
R-squared	0.412871	0.421263	0.356385
Adjusted R-squared	0.366026	0.379924	0.315303
S.E. of regression	9.740769	10.25525	10.77639
Sum squared resid	17837.93	14723.83	16374.42
Log likelihood	-704.0841	-530.3011	-534.2730
Mean dependent var	18.25510	19.97543	19.97543
S.D. dependent var	12.23369	13.02339	13.02339
Akaike info criterion	7.059648	7.169551	7.208914
Schwarz criterion	7.319893	7.389352	7.408733
Durbin-Watson stat	2.183421	2.251746	2.105506
<b>Test ARCH LM</b>			
F-statistic	0.490206	1.038196	0.746796
Probability	0.943320	0.415319	0.679286
Obs*R-squared	7.705628	10.42767	7.659835
Probability	0.935041	0.403807	0.662025

\* Significativo al 1%      \*\* Significativo al 5%      \*\*\* Significativo al 10%  
\*\*\*\* Variable dependiente: rango de negociación diario, diferencia entre el precio más alto y más bajo.

**Tabla 13**  
**Efectos de la intervención cambiaria del BR (1999 – 2005)**

<b>Modelo</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>	<b>Modelo 6</b>
<b>Observaciones</b>	204	204	204
<b>Distribución residuos</b>	GED	GED	GED
<b>No. iteraciones para convergencia</b>	34	25	24
<b>Variable dep. : Rango negociación</b>	TCHL	TCHL	TCHL
<b>Ecuación de Media</b>			
<b>Variables Independientes</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>	<b>Coefficiente (s.e)</b>
Constante	4.381327 (0.800443)**	5.833271 (2.378504)*	3.547826 (2.233977)*
Rango negociación (-1)	0.925249 (0.014186)*	0.941680 (0.011472)*	0.928182 (0.014831)*
Intervención total	0.030985 (0.010011)*		
Intervención como % del volumen		19.53217 (4.905655)*	
Intervención sin opciones volatilidad.			0.032438 (0.009980)*
Dummy anuncios cambiarios	5.690743 (2.251102)**	6.484952 (1.907456)*	5.982753 (2.130125)*
Retorno TES al cuadrado	48056.25 (15393.93)*		40725.34 (15327.89)*
Int*dummy anuncios cambiarios *****	0.082610 (0.039890)**		
Promedio móvil (1)	-0.654962 (0.066233)*	-0.636351 (0.062799)*	-0.651074 (0.067159)*
Promedio móvil (2)	-0.11728 (0.06243)***	-0.155831 (0.059792)*	-0.12008 (0.06456)***
<b>Ecuación de Volatilidad</b>			
Constante	8.142777 (6.575879)	8.867324 (6.971522)	8.871260 (6.905526)
Residuo (-1)*2	0.183746 (0.12882)**	0.198673 (0.127845)**	0.201207 (0.12289)***
GARCH (-1)	0.722116 (0.167494)*	0.712337 (0.163864)*	0.698250 (0.171683)*
GED PARAMETRO	1.074326 (0.120071)*	1.009469 (0.117832)*	1.077047 (0.122574)*
R-squared	0.425925	0.379363	0.391467
Adjusted R-squared	0.396180	0.353901	0.363236
S.E. of regression	9.506298	9.833474	9.762178
Sum squared resid	17441.35	18855.96	18488.22
Log likelihood	-706.6579	-712.1428	-707.9305
Mean dependent var	18.25510	18.25510	18.25510
S.D. dependent var	12.23369	12.23369	12.23369
Akaike info criterion	7.035862	7.070028	7.038534
Schwarz criterion	7.214780	7.216415	7.201187
Durbin-Watson stat	2.158014	2.044946	2.026280
<b>Test ARCH LM</b>			
F-statistic	0.002950	0.005884	0.928841
Probability	0.956736	0.938931	0.507943
Obs*R-squared	0.002980	0.005943	9.371089
Probability	0.956468	0.938553	0.497285

\* Significativo al 1%

\*\* Significativo al 5%

\*\*\* Significativo al 10%

\*\*\*\* Variable dependiente: rango de negociación diario, diferencia entre el precio más alto y más bajo.

Cabe resaltar que la intervención en montos tiene un efecto significativo pero pequeño sobre la volatilidad intradiaria mientras que el efecto de la intervención con anuncios tiene un efecto mucho más significativo. Esto se constituye en un soporte mayor de los resultados obtenidos anteriormente. Adicionalmente, se observa que la variable que representa las noticias económicas de Estados Unidos también es significativa y se constituye en evidencia de que la intervención discrecional tuvo lugar en un periodo en el cual los movimientos de la tasa de cambio estuvieron altamente determinados por la evolución de la economía de ese país. Los resultados de las estimaciones con diferentes definiciones de la variable intervención y diferentes especificaciones del modelo se presentan en las tablas 12 y 13.

## VI. Conclusiones

En este trabajo se ha estudiado la influencia que ha tenido la intervención del Banco de la República en el mercado cambiario colombiano durante el régimen de libre flotación. En términos generales, se encontró evidencia importante de que la intervención no ha tenido efectos significativos sobre la evolución de la tasa de cambio durante todo el periodo de estudio, y sus consecuencias sobre el nivel y la volatilidad del tipo de cambio han sido de muy corto plazo. Estos resultados son confirmados cuando, de acuerdo a los instrumentos de intervención, se hace el análisis de forma separada para el periodo en que la intervención se realizó completamente a través de opciones, y para el periodo en que la intervención fue fundamentalmente directa y discrecional. La incapacidad de la intervención para influir sobre la tendencia de la tasa de cambio debe analizarse a la luz del contexto económico en que ésta tiene lugar, teniendo en cuenta los objetivos directos buscados con ella y el papel integral del BR como autoridad monetaria. En términos de estos tres elementos los resultados de la intervención muestran éxito y fracaso.

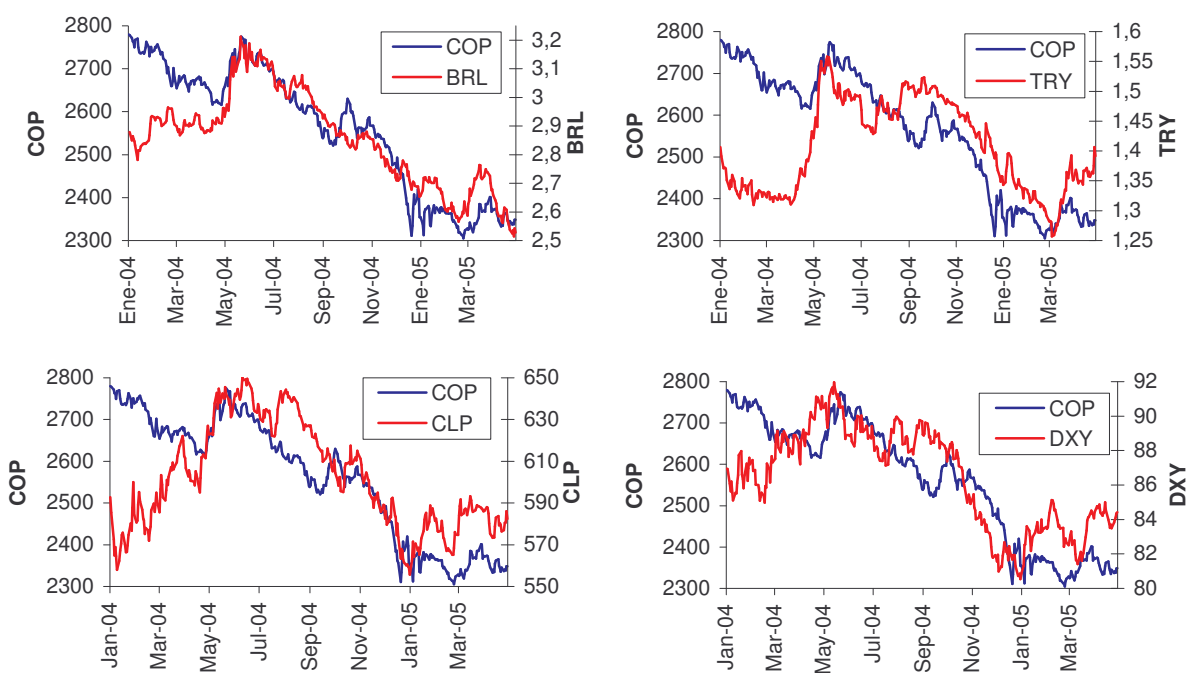
El fracaso se encuentra, en primer lugar, en las opciones de control de volatilidad que de acuerdo con los modelos estimados, no han sido efectivas en la reducción de las fluctuaciones del tipo de cambio. En segundo lugar, si las opciones *put* de acumulación fueron utilizadas durante el año 2004 con el objeto de detener la revaluación, este instrumento no alcanzó el propósito, lo cual es atribuible, además de a las razones que se exponen más adelante, a la pasividad de este mecanismo expuesta en la sección III y sustentada por las cifras de intervención, característica que reducía la credibilidad de la intervención y limitaba la capacidad de influencia del BR sobre la tasa de cambio. En tercer lugar, la intervención discrecional que, dado su carácter secreto, en principio puede ser más exitosa en influir sobre el tipo de cambio, no ha logrado su objetivo explícito de revertir o frenar la tendencia a la revaluación, y podría pensarse entonces que con ella el BR habría expuesto innecesariamente la credibilidad que ha ganado con la reducción de la inflación.

Esto conduce a una reflexión que muestra la importancia del contexto económico como determinante de los resultados de la intervención. A partir de octubre de 2003 en Colombia comenzó un proceso de revaluación que se agudizó durante el 2004 y se extiende hasta la fecha en que finaliza el periodo de análisis de este estudio. Son numerosas las causas a las que se puede atribuir este fenómeno. En primer lugar, el déficit fiscal puede aumentar los flujos de capitales hacia el país y favorecer la revaluación por dos vías. Por una parte, el endeudamiento del gobierno puede presionar las tasas de interés al alza y por otra, si las necesidades de financiación del gobierno lo obligan a tomar deuda externa, la oferta de divisas aumenta cuando los recursos ingresan al país.

En segundo lugar, recientemente las exportaciones de Colombia y consecuentemente la entrada de divisas han venido en aumento como consecuencia de la recuperación económica del país, del crecimiento de los principales socios comerciales (Venezuela y Estados Unidos) y de la economía mundial en general, y del alza en los precios de los bienes básicos (café y petróleo por ejemplo). En tercer lugar, la recuperación de la confianza en la economía, como resultado del éxito de las políticas de seguridad del gobierno, ha estimulado el ingreso de dólares vía la inversión de portafolio, la inversión extranjera directa y la repatriación de capitales. A esto se suma el notable incremento de los flujos de remesas provenientes de nacionales residentes en el exterior.

Finalmente, en la explicación de la revaluación es necesario incluir algunos factores externos. En mayo de 2004, como se muestra en el gráfico 7, el dólar comenzó a debilitarse frente a la gran mayoría de las monedas del mundo, tanto contra las monedas principales como contra las de economías emergentes. De esto puede deducirse que la apreciación del peso ocurrida en 2004 y 2005 no es un proceso exclusivo de Colombia, que en cierta medida es resultado de un fenómeno de debilitamiento generalizado del dólar como consecuencia, entre otras razones, de los desequilibrios de la economía norteamericana representados en el crecimiento a niveles récord de los déficit fiscal y comercial (déficit gemelos), fenómeno que a la vez de presionar a la depreciación del dólar, lo debilita por el riesgo que implican las inversiones en esa moneda.

**Gráfico 7**  
**Tasa de cambio (TC) de Colombia(COP) vs TC de Brasil (BRL)**  
**Turquía (TRY), Chile (CLP) e Índice de monedas países desarrollados (DXY)**





A lo anterior deben sumarse dos componentes relacionados con la credibilidad de la intervención y por tanto con el funcionamiento del canal de señalización. El primero es que los montos de intervención han sido bastante pequeños en magnitud con relación al volumen de negociación lo cual reduce las posibilidades de éxito porque la acción del BR es menos convincente si éste no está dispuesto a comprometer grandes sumas, y porque muestra que el BR tiene límites que provienen de la necesidad de mantener baja la inflación o de la renuencia a embarcarse en grandes operaciones de esterilización y desestabilizar el mercado de deuda pública. El segundo componente se relaciona con el hecho de que los anuncios cambiarios también han mostrado ambigüedad. Por ejemplo, el anuncio de intervención discrecional realizado el día 17 de septiembre de 2004 aparentemente provocó una reacción de devaluación de la tasa de cambio, sin embargo, en la medida en que la compra de dólares se planteó como parte del programa de expansión monetaria, el anuncio no señaló el movimiento del BR hacia una política monetaria más laxa que generara expectativas de devaluación y el tipo de cambio continuó con la tendencia de revaluación.

Se puede concluir entonces que en presencia de la gran cantidad de factores estructurales de la economía colombiana que han presionado la tasa de cambio hacia la baja, de un contexto de debilitamiento generalizado del dólar y de señales ambiguas por parte del BR, la probabilidad de éxito de la autoridad monetaria para detener un fenómeno que trasciende su posibilidad de influencia es muy baja y los resultados empíricos aquí presentados lo sustentan.

El éxito de la intervención se encuentra en primer término en la intervención a través de opciones de acumulación de reservas que ha permitido al BR aumentar de forma considerable el acervo de reservas internacionales y llevarlo a un nivel más adecuado a las necesidades de la economía colombiana, sin afectar el rumbo de la tasa de cambio. Respecto a la intervención discrecional, aunque los resultados presentados en este trabajo podrían leerse como negativos de acuerdo a lo expuesto anteriormente, la evidencia presentada puede interpretarse de forma opuesta. En primer lugar, el BR ha logrado mostrar que puede realizar una acumulación rápida de reservas sin afectar de forma profunda el mercado cambiario, lo cual es deseable en un régimen de libre flotación. En segundo lugar, la intervención del BR no ha generado una inconsistencia de política económica en la medida en que las metas de inflación dentro del esquema de "inflación objetivo" se han cumplido. El hecho de que la intervención discrecional no haya tenido la capacidad de revertir la tendencia del tipo de cambio indica que el BR, en concordancia con su objetivo fundamental, no ha supeditado el objetivo de inflación a un objetivo de tasa de cambio.

Del fenómeno estudiado y de los resultados aquí presentados surgen algunos interrogantes que puede ser interesante estudiar en futuras investigaciones. El primero es una pregunta contrafactual, ¿qué hubiera pasado si el BR no interviene, se habría apreciado el tipo de cambio

aún más?. Segundo, teniendo en cuenta que la inflación es la preocupación principal del BR, ¿cuál es el límite de compras de dólares que puede hacer el banco central sin afectar la inflación?, Tercero, ¿es posible para los agentes participantes en el mercado cambiario “jugar” en contra del banco central cuando éste interviene buscando realizar utilidades especulativas? Cuarto, ¿se ha reducido la eficiencia del mercado cambiario colombiano con la intervención del BR? Quinto, ¿cuál es la capacidad límite de esterilización sin desestabilizar el mercado de deuda pública?

## **Bibliografía**

Aguilar, J. y Nydahl, S. (2000) “Central Bank Intervention and Exchange Rates: the case of Sweden”, *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 10, pp. 303-322.

Baillie, R. y Osterberg, W. (1997). “Why do Central Banks Intervene?”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 16 (6), pp. 909-919.

Bollerslev, T. (1986). “Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity”, *Journal of Econometrics*, vol. 31, pp. 307-327.

Bonser-Neal, C. y Tanner, G. (1996). “Central Bank Intervention and the Volatility of Foreign Exchange Reates: Evidence from the Options Market”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 15 (6), pp. 853-878.

Calvo, G. y Reinhart, C. (2002). “Fear of Floating”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 117 (2), pp. 379-408.

Campbell, J., Lo, A. y MacKinlay, A.C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press: Princeton, NJ.

Canales-Kriljenko, J.I. (2003). “Foreign Exchange Intervention in Developing and Transition Economies: Results of a Survey”, *IMF working paper 03/95*, Washington D.C: International Monetary Fund.

Chaboud, A. y Humpage, O. (2005). “An Assessment of the Impact of Japanese Foreign Exchange Intervention: 1991-2004”, *Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers No 824*.

Clavijo, S. (2003). “Política monetaria y cambiaria en Colombia: Progresos y desafíos (1991-2002)”, *Borradores de Economía No 201*, Banco de la República.

Disyatat, P. y Galati, G. (2005). “The Effectiveness of Foreign Exchange Intervention in Emerging Market Countries: Evidence from the Czech Koruna”, *BIS Working Paper No. 172*, Bank for International Settlements, Basel.

Domaç, I. y Mendoza, A. (2003). “Is There Room for Forex Interventions under Inflation Targeting Framework? Evidence from Mexico and Turkey”, *CBT discussion papers*, Central Bank of Turkey.

Dominguez, K. (2003). “The Market Microstructure of Central Bank Intervention”, *Journal of International Economics*, vol. 59(1), pp. 25 – 45.

- Dominguez, K. (1998). "Central Bank Intervention and Exchange Rate Volatility", *The Journal of International Money and Finance*, vol. 17, pp. 161-190.
- Dominguez, K. (1990). "Market Responses to Coordinated Central Bank Intervention", *Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy*, Spring 1990, vol. 32, pp. 121-164.
- Dominguez, K. y Frankel, J. (1993a). "Does Foreign Exchange Intervention Work? Washington, DC: Institute for International Economics.
- Dominguez, K. y Frankel, J. (1993b). "Does Foreign-Exchange Intervention Matter? The Portfolio Effect", *American economic Review*, vol. 83 (5), pp. 1356-1369.
- Edison, H., Cashin, P. y Liang, H. (2003). "Foreign Exchange Intervention and the Australian Dollar: Has It Mattered?", *IMF working paper 03/99*, Washington D.C: International Monetary Fund.
- Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series*. John Wiley & Sons, Inc: United States.
- Engle, R. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", *Econometrica*, vol. 50, pp. 987-1007.
- Evans, M. y Lyons, K. (1999). "Order Flow and Exchange Rate Dynamics", *National Bureau of Economic Research Working Paper No. 7317*.
- Fatum, R. y Hutchison, M.M. (2003). "Is Sterilised Foreign Exchange Intervention Effective After All? An Event Study Approach", *The Economic Journal*, vol. 113 (4), pp. 390-411.
- Fischer, A. y Zurlinden, M. (1999). "Exchange Rate Effects of Central Bank Interventions: An Analysis of Transaction Prices", *The Economic Journal*, vol. 109 (No 458), pp. 662-676.
- Frenkel, M., Pierdzioch, C. y Stadtmann, G. (2005). "The effects of Japanese foreign exchange market intervention on the yen/U.S. dollar exchange rate volatility", *International Review of Economics and Finance*, vol. 14, pp. 27-40.
- Frenkel, M., Pierdzioch, C. y Stadtmann, G. (2004). "The Accuracy of Press Reports Regarding the Foreign Exchange Interventions of the Bank of Japan". *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 14 (1), pp. 25-36.
- Galati, G. y Melick, W. (2002). "Central Bank Intervention and Market Expectations", *BIS Working Paper No. 10*, Bank for International Settlements, Basel.
- Galati, G. y Melick, W. (1999). "Perceived Central Bank Intervention and Market Expectations: An Empirical Study of the Yen/Dollar Exchange Rate, 1993-96", *BIS Working Paper No. 77*, Bank for International Settlements, Basel.
- Ghosh, A. (1992). "Is it Signalling? Exchange Rate Intervention and the Dollar - Deutschemark Rate", *Journal of International Economics*, vol. 32, pp.201-220.
- Guimaraes, R. y Karacadag, C. (2004). "The Empirics of Foreign Exchange Intervention in Emerging Market Countries: The Cases of Mexico and Turkey", *IMF working paper 04/123*, Washington D.C: International Monetary Fund.
- Hillebrand, E. y Schanbl, G. (2004). "The Effects of Japanese Foreign Exchange Intervention: GARCH Estimation and Change Point Detection", Working Paper.

- Hsieh, D. (1988). "The Statistical Properties of Daily Foreign Exchange Rates: 1974 - 1983", *Journal of International Economics*, vol. 24, pp. 129-145.
- Humpage, O. (1999). "U.S. Intervention: Assessing the Probability of Success", *Journal of Money, Credit, and Banking* 31, 731-747.
- Ito, T. (2002). "Is Foreign Exchange Intervention Effective?: The Japanese Experiences in the 1990s", *National Bureau of Economic Research Working Paper No. 8914*.
- Ito, T. y Yabu, T. (2004). "What Prompts Japan to Intervene in the Forex Market? A New Approach to a Reaction Function", *National Bureau of Economic Research Working Paper No. 10456*.
- Johnston, K. y Scott, E. (2000). "GARCH Models and the Stochastic Process Underlying Exchange Rate Price Changes", *Journal of Financial and Strategic Decisions*, vol.13 (2), pp. 13-24.
- Johnston, K. y Scott, E. (1999). "The Statistical Distribution of Daily Exchange Rate Price Changes: Dependent vs Independent Models", *Journal of Financial and Strategic Decisions*, vol.12 (2), pp. 39-49.
- Julio, J.M y Toro, J. (2005). "Efectividad de la intervención del Banco de la República en el mercado cambiario", *Borradores de Economía No 336*, Banco de la República.
- Kearns, J. y Rigobon, R. (2003). "Identifying the Efficacy of Central Bank Interventions: Evidence from Australia", *Research Discussion Paper 2003-04*, Reserve Bank of Australia.
- Kim, S. (2003). "Monetary Policy, Foreign Exchange Intervention, and the Exchange Rate in a Unifying Framework", *Journal of International Economics*, vol. 60, pp. 355-386.
- Loopesko, B. (1984). "Relationships among Exchange Rates, Intervention, and Interest Rates: An Empirical Investigation", *Journal of International Money and Finance*, vol 3. pp. 257-277.
- Mandeng, O. (2003). "Central Bank Foreign Exchange Market Intervention and Option Contract Specification: The case of Colombia", *IMF working paper 03/135*, Washington D.C: International Monetary Fund.
- Mussa, M. (1981). "The Role of Official Intervention". *Group of Thirty*, New York.
- Neely, C. (2000a). "The Practice of Central Bank Intervention: Looking under the hood". *The Federal Reserve Bank of St. Louis Working Papers No.2000-028A*.
- Sarno, L. y Taylor, M.P. (2001). "Official Intervention in the Foreign Exchange Market: Is it Effective and, If So, How Does it Work?", *Journal of Economic Literature*, vol. 39 (9), pp 839-868.
- Ramaswamy, R. y Samiei, H. (2000). "The yen-dollar rate: have interventions mattered?" *IMF Working Paper 00/95*, Washington D.C: International Monetary Fund.
- Tapia, M. y Tokman, A. (2004). "Effects of Foreign Exchange Intervention under Public Information: The Chilean Case", *Central Bank of Chile Working Papers*, Central Bank of Chile.
- Wang, K., Fawson, C., Barret, C. y McDonald, J. (2001). "A Flexible Parametric Garch Model with an Application to Exchange Rates", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 16 (4), pp 521-536.

**Anexo 1**  
**Subastas de opciones**

**Subastas opciones put de acumulación de reservas**

<b>Fecha de la subasta</b>	<b>Monto presentado (MM USD)</b>	<b>Monto aprobado (MM USD)</b>	<b>Cupo (MM USD)</b>	<b>Prima Mínima (\$/US\$1000)</b>	<b>Prima Máxima (\$/US\$1000)</b>	<b>Prima de corte (\$/US\$1000)</b>	<b>Monto ejercido (MM USD)</b>
30-Nov-99	924,5	200,0	200,0	3,0	8.000,0	4.000,0	200,0
27-Dic-99	430,2	80,0	80,0	210,0	8.100,0	4.500,0	0,0
27-Ene-00	204,0	80,0	80,0	10,0	3.020,0	210,0	12,0
28-Feb-00	368,0	80,0	80,0	130,0	4.100,0	1.600,0	0,0
28-Mar-00	607,5	100,0	100,0	101,0	4.800,0	3.000,0	74,0
28-Abr-00	394,0	100,0	100,0	230,0	5.000,0	600,0	0,0
29-May-00	493,0	100,0	100,0	50,0	4.500,0	2.250,0	0,0
28-Jun-00	474,0	100,0	100,0	50,0	5.100,0	3.000,0	15,5
28-Jul-00	368,0	100,0	100,0	200,0	6.100,0	3.650,0	0,0
31-Ago-00	522,0	99,9	100,0	220,0	6.957,0	3.500,0	17,1
29-Sep-00	434,5	100,0	100,0	220,0	7.000,0	4.510,0	100,0
31-Oct-00	511,0	100,0	100,0	5,0	7.535,0	6.350,0	100,0
30-Nov-00	442,8	100,0	100,0	210,0	5.160,0	3.560,0	0,0
28-Dic-00	287,0	100,0	100,0	320,0	4.110,0	1.860,0	80,0
31-Ene-01	405,7	75,0	75,0	212,0	7.100,0	5.560,0	69,3
28-Feb-01	259,4	50,0	50,0	500,0	7.566,0	3.800,0	0,0
30-Mar-01	240,5	50,0	50,0	312,0	5.570,0	3.000,0	0,0
30-Abr-01	79,0	30,0	30,0	1.290,0	5.560,0	3.510,0	30,0
31-May-01	123,0	30,0	30,0	3.960,0	10.000,0	9.550,0	30,0
29-Jun-01	133,5	30,0	30,0	1.500,0	11.560,0	10.200,0	30,0
31-Jul-01	86,5	30,0	30,0	1.000,0	12.500,0	6.000,0	30,0
31-Ago-01	427,0	80,0	80,0	100,0	10.570,0	7.180,0	0,0
28-Sep-01	222,4	100,0	100,0	100,0	11.000,0	5.780,0	100,0
31-Oct-01	530,0	140,0	140,0	100,0	8.210,0	5.210,0	140,0
30-Nov-01	448,0	119,9	120,0	210,0	10.200,0	6.010,0	119,9
28-Dic-01	188,5	50,0	50,0	3,5	10.510,0	8.000,0	50,0
31-Ene-02	211,5	49,9	50,0	3.600,0	10.565,0	10.000,0	1,5
28-Feb-02	107,5	50,0	50,0	3.000,0	9.010,0	8.560,0	50,0
27-Mar-02	277,8	100,0	100,0	4.000,0	12.000,0	8.300,0	100,0
30-Abr-02	275,0	100,0	100,0	1.500,0	8.220,0	3.566,0	0,0
31-May-02	388,0	100,0	100,0	2.010,0	9.220,0	6.010,0	0,0
28-Jun-02	243,0	100,0	100,0	2.010,0	6.800,0	3.510,0	0,0
31-Jul-02	102,5	50,0	50,0	510,0	2.020,0	650,0	0,0
30-Ago-02	165,0	50,0	50,0	1.000,0	5.500,0	4.010,0	0,0
30-Sep-02	133,5	50,0	50,0	1.510,0	6.000,0	2.586,0	50,0
02-Dic-02	142,0	50,0	50,0	900,0	12.000,0	4.000,0	0,0

### Subastas opciones put de acumulación de reservas

Fecha de la subasta	Monto presentado (MM USD)	Monto aprobado (MM USD)	Cupo (MM USD)	Prima Mínima (\$/US\$1000)	Prima Máxima (\$/US\$1000)	Prima de corte (\$/US\$1000)	Monto ejercido (MM USD)
01-Jul-03	190,0	49,8	50,0	7,0	13.000,0	5.000,0	6,2
09-Dic-03	410,5	100,0	100,0	1.000,0	8.000,0	5.676,0	100,0
30-Dic-03	589,0	200,0	200,0	2.000,0	7.100,0	5.556,0	200,0
13-Ene-04	601,5	200,0	200,0	1.050,0	7.100,0	4.256,0	200,0
31-Mar-04	551,3	200,0	200,0	1.730,0	6.201,0	5.050,0	200,0
30-Abr-04	669,5	250,0	250,0	1.501,0	6.230,0	4.158,0	0,0
31-May-04	623,5	200,0	200,0	2.000,0	7.600,0	5.100,0	200,0
30-Jun-04	573,3	199,9	200,0	2.501,0	8.250,0	6.300,0	199,9
30-Jul-04	600,5	199,8	200,0	2.700,0	8.325,0	7.000,0	199,8
30-Ago-04	629,8	200,0	200,0	3.200,0	10.200,0	7.230,0	200,0

### Subastas opciones put de control de volatilidad

Fecha de la subasta	Monto presentado (MM USD)	Monto aprobado (MM USD)	Cupo (MM USD)	Prima mínima (\$/US\$1000)	Prima máxima (\$/US\$1000)	Prima de corte (\$/US\$1000)	Monto ejercido (MM USD)
17-Dic-04	471,5	179,9	180,0	1.001,0	10.110,0	4.000,0	179,9

### Subastas opciones call de desacumulación de reservas

Fecha de la subasta	Monto presentado (MM USD)	Monto aprobado (MM USD)	Cupo (MM USD)	Prima mínima (\$/US\$1000)	Prima máxima (\$/US\$1000)	Prima de corte (\$/US\$1000)	Monto ejercido (MM USD)
28-Feb-03	710,0	200,0	200,0	3,0	10.250,0	6.200,0	144,6
31-Mar-03	651,5	200,0	200,0	1.000,0	6.500,0	4.895,0	0,0
30-Abr-03	432,0	199,9	200,0	8,5	4.200,0	2.100,0	199,9

### Subastas opciones call de control de volatilidad

Fecha de la subasta	Monto presentado (MM USD)	Monto aprobado (MM USD)	Cupo (MM USD)	Prima mínima (\$/US\$1000)	Prima máxima (\$/US\$1000)	Prima de corte (\$/US\$1000)	Monto ejercido (MM USD)
29-Jul-02	354,0	180,0	180,0	1.800,0	10.010,0	3.800,0	180,0
01-Ago-02	453,0	180,0	180,0	1.000,0	8.010,0	4.220,0	109,5
02-Oct-02	599,0	180,0	180,0	1.800,0	9.010,0	5.157,0	124,5

**Anexo 2**  
**Correlogramas de los residuos y residuos al cuadrado de los modelos estimados**

**Modelo 1 (tabla 4)**

Correlograma de los residuos estandarizados										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	-0.015	-0.009	-0.012	0.009	-0.029	0.065	-0.017	-0.016	-0.001	0.016
PAC	-0.015	-0.009	-0.013	0.009	-0.029	0.064	-0.015	-0.016	0.001	0.013
Q-Stat	0.2751	0.3711	0.574	0.6863	17.728	72.616	76.28	79.777	79.781	83.11
Prob	0.6	0.831	0.902	0.953	0.88	0.297	0.366	0.436	0.536	0.598
Correlograma de los residuos estandarizados al cuadrado										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	0.034	0.009	0.047	-0.01	0.023	-0.015	0.01	0.012	0.029	0.025
PAC	0.034	0.008	0.047	-0.013	0.023	-0.019	0.012	0.01	0.031	0.021
Q-Stat	15.396	16.485	45.82	47.069	54.028	57.091	58.3	60.321	71.699	80.21
Prob	0.215	0.439	0.205	0.319	0.369	0.457	0.56	0.644	0.619	0.627

**Modelo 2 (tabla 4)**

Correlograma de los residuos estandarizados										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	0,047	0,011	0,045	-0,002	0,021	-0,018	0,009	0,008	0,036	0,023
PAC	0,047	0,009	0,045	-0,006	0,021	-0,022	0,011	0,006	0,038	0,018
Q-Stat	28,591	30,288	57,162	57,198	63,127	67,168	68,329	69,263	86,448	93,677
Prob	0,191	0,220	0,126	0,221	0,277	0,348	0,446	0,545	0,471	0,498
Correlograma de los residuos estandarizados al cuadrado										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	-0,017	-0,007	-0,008	0,010	-0,029	0,062	-0,019	-0,015	0,000	0,013
PAC	-0,017	-0,007	-0,009	0,009	-0,029	0,061	-0,017	-0,015	0,001	0,011
Q-Stat	0,382	0,439	0,529	0,654	17,828	67,538	72,180	74,964	74,964	77,318
Prob	0,537	0,803	0,912	0,957	0,878	0,344	0,407	0,484	0,586	0,655

**Modelo 9 (tabla 8)**

Correlograma de los residuos estandarizados										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	0,026	-0,044	0,053	0,000	0,021	0,014	0,027	0,019	0,070	0,057
PAC	0,026	-0,045	0,055	-0,005	0,027	0,009	0,029	0,016	0,071	0,052
Q-Stat	0,255	0,964	19,836	19,836	21,536	22,265	24,944	26,313	44,931	57,263
Prob	0,614	0,618	0,576	0,739	0,828	0,898	0,928	0,955	0,876	0,838
Correlograma de los residuos estandarizados al cuadrado										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	-0,026	0,035	-0,009	0,038	0,002	0,072	0,008	-0,008	-0,049	-0,003
PAC	-0,026	0,034	-0,007	0,036	0,004	0,069	0,012	-0,014	-0,049	-0,010
Q-Stat	0,241	0,687	0,717	12,447	12,461	31,603	31,856	32,118	40,991	41,037
Prob	0,624	0,709	0,869	0,871	0,940	0,788	0,867	0,920	0,905	0,943



**Modelo 10 (tabla 8)**

Correlograma de los residuos estandarizados										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	0,009	-0,032	0,055	0,010	-0,001	0,002	-0,011	0,010	0,075	0,069
PAC	0,009	-0,032	0,056	0,008	0,003	-0,001	-0,012	0,011	0,075	0,070
Q-Stat	0,029	0,416	15,458	15,867	15,868	15,878	16,308	16,720	38,066	55,874
Prob	0,864	0,812	0,672	0,811	0,903	0,953	0,977	0,989	0,924	0,849
Correlograma de los residuos estandarizados al cuadrado										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	-0,022	0,042	-0,005	0,049	0,020	0,090	0,014	0,000	-0,061	-0,018
PAC	-0,022	0,042	-0,003	0,047	0,022	0,088	0,017	-0,008	-0,065	-0,029
Q-Stat	0,17	0,822	0,83	17,09	18,52	48,95	49,67	49,67	63,7	64,87
Prob	0,68	0,663	0,842	0,789	0,869	0,557	0,664	0,761	0,702	0,773

**Modelo 11 (tabla 8)**

Correlograma de los residuos estandarizados										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	-0,04	-0,02	0,008	0,042	0,005	0,155	0,014	-0,015	-0,034	0,006
PAC	-0,038	-0,023	0,006	0,043	0,009	0,158	0,027	-0,008	-0,038	-0,013
Q-Stat	0,530	0,694	0,716	13,851	13,963	10,387	10,458	10,548	10,975	10,988
Prob	0,467	0,707	0,869	0,847	0,925	0,109	0,164	0,229	0,277	0,358
Correlograma de los residuos estandarizados al cuadrado										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	-0,017	-0,083	0,031	-0,044	0,002	0,023	-0,013	0,027	0,044	0,004
PAC	-0,017	-0,083	0,028	-0,050	0,006	0,014	-0,009	0,027	0,042	0,012
Q-Stat	0,107	26,34	29,91	37,02	37,04	38,99	39,59	42,23	49,44	49,5
Prob	0,744	0,268	0,393	0,448	0,593	0,690	0,785	0,836	0,839	0,895

**Modelo 1 (tabla 12)**

Correlograma de los residuos estandarizados										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	-0,015	-0,026	0,043	0,028	0,037	0,055	0,004	0,106	-0,043	0,050
PAC	-0,015	-0,026	0,042	0,028	0,040	0,056	0,005	0,106	-0,047	0,051
Q-Stat	0,047	0,190	0,578	0,738	10,199	16,600	16,628	40,642	44,703	50,151
Prob			0,447	0,691	0,796	0,798	0,894	0,668	0,724	0,756
Correlograma de los residuos estandarizados al cuadrado										
Rezago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AC	-0,006	-0,012	-0,043	0,026	-0,019	-0,013	-0,038	0,177	-0,016	0,039
PAC	-0,006	-0,012	-0,043	0,026	-0,020	-0,014	-0,036	0,174	-0,017	0,042
Q-Stat	0,008	0,037	0,427	0,573	0,652	0,687	0,993	76,727	77,295	80,567
Prob			0,514	0,751	0,884	0,953	0,963	0,263	0,357	0,428