

# IMPACTO DAS INTERVENÇÕES CAMBIÁRIAS SOBRE O NÍVEL E A VOLATILIDADE DA TAXA DE CÂMBIO NA COLÔMBIA

JUAN JOSÉ ECHAVARRÍA  
DIEGO VÁSQUEZ  
MAURICIO VILLAMIZAR\*

Este trabalho avalia os determinantes das compras de divisas e o seu impacto sobre a taxa de câmbio nominal na Colômbia durante 2000-2008. Estimções Tobit mostram que o Banco Central comprou divisas para compensar as reavaliações frente ao dia anterior e para corrigir tendências “excessivas”, quando se reduziu a pressão inflacionária e quando o Banco Central teve uma posição credora líquida. A estimação de um modelo E-GARCH mostra que as compras de divisas desvalorizaram a taxa de câmbio e reduziram a sua volatilidade, tanto no curto (1 dia) como no médio prazo (1 mês, 3 meses e 6 meses). As possíveis contradições macroeconômicas não foram suficientemente fortes como para afetar a função de reação das autoridades ou o impacto das intervenções. O trabalho utiliza metodologias que permitem avaliar a estabilidade dos parâmetros da equação de média e de volatilidade para o modelo E-GARCH em forma simultânea.

**Classificação JEL:** E58, F31, F32, G15.

**Palavras chaves:** Intervenções cambiárias, montante, modalidades e impacto das intervenções, função de reação do banco central, estabilidade de parâmetros, estimação Tobit, E-GARCH.

---

\* Os pontos de vista deste documento não comprometem o Banco da República nem a sua Junta Diretiva.

Correios eletrônicos:  
jechavso@banrep.gov.co  
diego.vasquez.e@gmail.com

m-villam@uniandes.edu.co

Documento recebido no dia 10 setembro, 2009; versão final aceita no dia 8 março, 2010.

# IMPACT OF EXCHANGE RATE INTERVENTIONS ON THE LEVEL AND VOLATILITY OF THE COLOMBIAN EXCHANGE RATE

JUAN JOSÉ ECHAVARRÍA  
DIEGO VÁSQUEZ  
MAURICIO VILLAMIZAR\*

This paper evaluates the determinants of foreign exchange purchases and their impact on the nominal exchange rate in Colombia during the 2000–2008 period. Tobit estimations show that the Central Bank bought foreign exchange in order to compensate day-to-day revaluations and to correct “excessive” trends, when inflation pressures were low and when the Central Bank was a net creditor. We estimate an E-GARCH model to show that foreign exchange purchases increased (devalued) the exchange rate and reduced its volatility, not only in the short term (1 day) but also in the medium term (1 month, 3 months and 6 months). Possible macroeconomic contradictions were not strong enough to affect the reaction function of the authorities or the impact of interventions. We develop some methodologies which allow an evaluation of parameter stability for the mean and volatility equation in the E-GARCH model.

**JEL classification:** E58, F31, F32, G15.

**Keywords:** exchange rate intervention, central bank reaction function, parameter stability, Tobit estimation, E-GARCH.

---

\* The views expressed in this document are the sole responsibility of the author and may not be attributed to the Banco de la República or its Board of Directors.

E-mails: jechavso@  
banrep.gov.co

diego.vasquez.e@gmail.  
com

m-villam@uniandes.edu.  
co

Document received: 10  
September 2009; final  
version accepted: 8 March  
2010.

IMPACTO DE LAS  
INTERVENCIONES CAMBIARIAS  
SOBRE EL NIVEL Y LA  
VOLATILIDAD DE LA TASA DE  
CAMBIO EN COLOMBIA

JUAN JOSÉ ECHAVARRÍA  
DIEGO VÁSQUEZ  
MAURICIO VILLAMIZAR\*

Este trabajo evalúa los determinantes de las compras de divisas y su impacto sobre la tasa de cambio nominal en Colombia durante el período 2000-2008. Estimaciones Tobit muestran que el Banco Central compró divisas para compensar las revaluaciones frente al día anterior y para corregir tendencias “excesivas” cuando se redujo la presión inflacionaria y cuando el Banco Central tuvo una posición acreedora neta. La estimación de un modelo EGARCH muestra que las compras de divisas devaluaron la tasa de cambio y redujeron su volatilidad, tanto en el corto plazo (un día) como en el mediano plazo (un mes, tres meses y seis meses). Las posibles contradicciones macroeconómicas no fueron suficientemente fuertes para producir un efecto sobre la función de reacción de las autoridades o sobre el impacto de las intervenciones. El trabajo emplea metodologías que permiten evaluar la estabilidad de los parámetros de la ecuación de media y de volatilidad para el modelo EGARCH en forma simultánea.

**Clasificación JEL:** E58, F31, F32, G15.

**Palabras clave:** intervenciones cambiarias, monto, modalidades e impacto de las intervenciones, función de reacción del Banco Central, estabilidad de parámetros, estimación Tobit, EGARCH.

---

\* Los puntos de vista de este documento no comprometen al Banco de la República de Colombia ni a su Junta Directiva.

Correos electrónicos:  
jechavso@banrep.gov.co  
diego.vasquez.e@gmail.com

m-villam@uniandes.edu.co

Documento recibido el 10 de septiembre de 2009; versión final aceptada el 8 de marzo de 2010.

## I. INTRODUCCIÓN

El número de países con sistemas cambiarios relativamente flexibles se ha incrementado durante los últimos años, pero son pocos los que siguen un esquema de flotación pura. Los bancos centrales intervienen para reducir las fuertes fluctuaciones de corto plazo en la tasa de cambio, para suavizar o corregir tendencias “excesivas” en ésta, o para modificar el nivel de las reservas internacionales, los medios de pago y el nivel de largo plazo de la cuenta corriente y de la cuenta de capital. Los costos de los “desalineamientos” de la tasa de cambio con respecto a su nivel de “equilibrio” podrían ser incluso superiores en los países emergentes. La volatilidad es más alta y también mayor el impacto de un movimiento similar en la tasa de cambio sobre el comercio y sobre la economía real.

El presente documento evalúa la experiencia colombiana de intervención en los años 2000-2008, un período en que se compraron más de US\$18 mm —bajo diferentes modalidades de compra. La sección II describe los diferentes episodios de intervención, los motivos que llevaron a las autoridades a intervenir y los resultados de la estimación de su función de reacción bajo una especificación Tobit. La sección III discute los diferentes canales a través de los cuales la intervención ejerce un efecto sobre la tasa de cambio y utiliza un modelo EGARCH para determinar el impacto de las intervenciones de la tasa de interés interna y externa y del riesgo sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio a diferentes plazos. En estas secciones se evalúa la estabilidad de los coeficientes estimados. Lo cual permite evaluar si las crecientes contradicciones macroeconómicas estimularon un menor nivel de intervención o si el impacto de las intervenciones disminuyó en el tiempo. La sección IV presenta las principales conclusiones. Los anexos muestran los niveles de integración de las

distintas variables y desarrollan pruebas de estabilidad para las estadísticas suprema LM (Andrews, 1993),  $L_C$  (Nyblom, 1989) y  $L_w$  (Nyblom, 1989). Esto permite estimar de manera simultánea la estabilidad de los parámetros de la ecuación de media y de volatilidad en el modelo EGARCH.

## II. ¿CUÁNDO INTERVIENEN LOS BANCOS CENTRALES?

El número de países con sistemas cambiarios relativamente flexibles se ha incrementado durante los últimos años, pero son pocos los que siguen un esquema de flotación pura. Aún aquellos clasificados por el FMI como de libre flotación (*free-floaters*) intervienen en el mercado con regularidad o mantienen el derecho a hacerlo; defensores de la flotación como Estados Unidos y Japón también intervienen, menos que en el pasado, pero en mayor volumen<sup>1</sup>. El temor a la flotación parece ser incluso mayor en los países emergentes, tanto durante procesos de devaluación (Calvo y Reinhart, 2002) como de revaluación (Levy-Yeyati y Sturzenegger, 2007)<sup>2</sup>. Colombia y México incluso han adoptado reglas automáticas y explícitas de intervención.

¿Cuándo se interviene? Según los estatutos del Fondo Monetario Internacional (*Surveillance over Exchange Rate Policies*), un estado miembro deberá intervenir en el mercado cambiario para compensar condiciones desordenadas, caracterizadas por movimientos bruscos de corto plazo en la tasa de cambio (Neely, 2006)<sup>3</sup>. Diversos estudios y entrevistas con autoridades monetarias sugieren que los bancos centrales también intervienen para suavizar o corregir tendencias “excesivas” en la tasa de cambio, o para modificar el nivel de las reservas internacionales, los medios de pago,

---

1 Edwards (2006). Sobre la importancia asignada a la tasa de cambio en la función de reacción de las autoridades en los países industrializados véase Bernanke y Mishkin (2007).

2 La preocupación por el comportamiento de la tasa de cambio en los países emergentes también se evidencia al analizar la influencia de esta variable en la llamada regla de Taylor. Así, Blundell-Wignall y Masson (1985) encuentran un coeficiente positivo y significativo para la tasa de cambio real en once de trece países emergentes para los cuales estimaron reglas de Taylor “ampliadas” y Edwards (2006) muestra un coeficiente mayor para esa variable en países con mayor historia inflacionaria o con alta volatilidad de la tasa de cambio real. Ello sugiere que en esos países la tasa de interés se determina de manera parcial con un objetivo cambiario.

3 Almekinders y Eijffinger (1992) presentan definiciones alternativas de condiciones desordenadas: altos diferenciales entre los precios de compra y venta (*bid-ask*), fuertes movimientos intradía, transacciones en mercados pequeños altamente inciertos y movimientos cambiarios autosostenidos que pueden adquirir una dinámica propia.

el nivel de largo plazo de la cuenta corriente y de la cuenta de capital<sup>4</sup>. La mayoría de los bancos centrales tratan de estabilizar la tasa de cambio (*lean against the wind*) con intervenciones que en ocasiones difieren en intensidad —para procesos de revaluación y de devaluación de la tasa de cambio— y en signo —frente a variaciones intradía e interdía—<sup>5</sup>.

La volatilidad y las tendencias “excesivas” pueden tener costos reales importantes. Pueden, por ejemplo, reducir el volumen de comercio internacional, elevar las presiones hacia el proteccionismo, incrementar la persistencia de la inflación (hecho que retarda el ajuste en la tasa de cambio real) y retardar el desarrollo del sector financiero (Rigobón, 2008). Estos costos podrían ser incluso más grandes en los países emergentes, donde la volatilidad es mayor (los mercados financieros son pequeños y poco profundos y la credibilidad de las autoridades es baja) y también mayor el impacto de un movimiento similar en la tasa de cambio sobre el comercio y sobre la economía real. Los países emergentes se caracterizan por tener economías más abiertas, con mayores niveles de *pass-through* y altos niveles de dolarización de los pasivos (Calvo, 1999; Domac y Mendoza, 2004).

Las intervenciones que buscan anclar excesivamente el nivel de la tasa de cambio pueden resultar contraproducentes pues reducen el poder contracíclico de la política monetaria (en un contexto de capitales relativamente móviles, la llamada *trilogía imposible*). Se argumenta, en este contexto, que los países que han adoptado un régimen de *inflación objetivo* deberían considerar el impacto de la tasa de cambio sobre la inflación y la brecha del producto sin mantener una meta cambiaria<sup>6</sup>. Una variante de esta propuesta descarta la conveniencia de la flotación cambiaria pura y considera que las intervenciones ejecutadas en forma “sensata” (es decir, sin tratar de mantener un determinado nivel) pueden jugar un papel útil en el esquema de inflación objetivo ya que disminuyen los efectos adversos de los choques temporales de la tasa de cambio<sup>7</sup>.

---

4 Sobre el nivel de las reservas internacionales véase Takagi (1989), Tapia y Tokman (2004) y Blundell-Wignall y Masson (1985); sobre otras variables véase Almekinders y Eijffinger (1992) y Bonser-Neal y Tanner (1996).

5 Véase la revisión de la literatura en Edison (1993) y el análisis para los Estados Unidos en Neely (2002).

6 Véase Taylor (2001), Edwards (2006) y Mishkin y Schmidt-Hebbel (2002).

7 Véase Domac y Mendoza (2004) y Mishkin y Savastano (2001).

## A. LAS INTERVENCIONES CAMBIARIAS EN COLOMBIA

### 1. Montos y modalidades

El Cuadro 1 presenta la evolución de las compras y ventas de dólares en Colombia en el período 1999-2008 y la importancia relativa de las distintas modalidades de intervención. Como puede observarse, las compras superan ampliamente las ventas. En efecto, para el período total las compras ascienden a US\$18,3 mm (especialmente marcadas en 2007: US\$5,1 mm; en 2005: US\$4,7 mm; y en 2004: US\$2,9 mm), mientras que las ventas sólo alcanzaron un valor de US\$2,3 mm<sup>8</sup>.

La ley define que la *Junta Directiva del Banco de la República* es responsable de la política cambiaria en Colombia y, con algunas excepciones, las intervenciones son efectuadas por el mismo banco. En otros países como Brasil y México el gobierno tiene una alta injerencia en la política cambiaria (Junguito y Vargas, 1997). En Colombia el gobierno está representado en la Junta a través del Ministro de Hacienda, quien la preside.

Ramírez (2004) considera que las intervenciones cambiarias han sido más transparentes en Colombia que en la mayoría de países emergentes ya que son anunciadas el mismo día en que se ejercen (se mantiene en secreto el nombre de la entidad que la ejerce y si la intervención fue o no esterilizada)<sup>9</sup>. Adicionalmente, en cualquier momento es posible estimar el monto aproximado de la intervención pues cada semana se publica el nivel de reservas internacionales y de la base monetaria. Finalmente, en varias ocasiones se anunció el monto máximo (o total) de divisas que se compraría en los próximos meses.

Existen tres modalidades de intervención: subastas holandesas de opciones para acumulación/desacumulación de reservas<sup>10</sup>; subastas holandesas de opciones para

---

8 No se incluyen las ventas al gobierno por cerca de US\$4,7 mm, utilizadas en su totalidad para el pago de deuda externa. Estas últimas fueron especialmente elevadas en 2005 (US\$3,2 mm) y 2006 (US\$1 mm).

9 De todas formas, el Banco revela posteriormente si la intervención fue o no esterilizada.

10 Las primas se establecen en orden descendente y se otorga a todos los ganadores de la subasta la prima de corte a la cual se cubre el cupo ofrecido. En todas las subastas participan las entidades financieras clasificadas como intermediarias del mercado cambiario (IMC) y la Dirección

el control de volatilidad, intervenciones discrecionales para acumulación/desacumulación de reservas. Las subastas de opciones para acumulación/desacumulación de reservas se realizan con una periodicidad mensual y el derecho puede ejercerse parcial o totalmente durante el mes siguiente siempre y cuando la tasa representativa del mercado, la tasa de cambio promedio del día anterior (TRM) del día en que se ejerzan sea inferior al promedio móvil de los últimos veinte días hábiles. De esta manera se garantiza que las compras del Banco de la República sólo se hagan cuando la TRM sea inferior a su tendencia, y que se compren divisas a un precio “bajo” y se vendan a un precio “alto”. La *Junta* puede citar a una nueva subasta aún si la oferta de opciones no ha expirado.

En relación con las subastas de opciones para control de volatilidad (segunda modalidad), la *Junta* acordó en un principio realizarlas cuando la TRM presentara una desviación de 5% durante un día con respecto al promedio móvil de los últimos veinte días hábiles, con cupos de US\$120 m. Ambos parámetros fueron modificados en diciembre del 2001 a 4% y a US\$180 m. El mecanismo se activó por primera vez en octubre del 2002.

El Gráfico 1 presenta los montos diarios de intervención para las tres modalidades mencionadas: subastas de opciones destinadas a acumular/desacumular reservas (panel A), compras discrecionales (panel B) y subastas de opciones destinadas a reducir la volatilidad. Además, el panel A muestra el nivel de la tasa de cambio nominal y el panel B sus variaciones porcentuales frente al mismo día del año anterior.

Con base en el comportamiento de las compras para acumulación/desacumulación de reservas (mediante subastas y discrecionales)<sup>11</sup>, se subdivide el período en siete subperíodos, cuyas fechas se indican en el Gráfico 1 y en el Cuadro 2<sup>12</sup>. Como puede apreciarse, se intervino mediante opciones en los períodos 1-3, con compras en los períodos 1 y 3 y ventas en el 2. Se compraron divisas de manera discrecional en los períodos 4 y 5 y,

---

General del Tesoro (se excluyen los *brokers* y las casas de cambio). Cada participante puede realizar cinco ofertas y éstas no pueden superar el cupo (Uribe y Toro, 2005).

<sup>11</sup> La periodización propuesta no utiliza las intervenciones de reducción de volatilidad; son automáticas y su nivel es relativamente reducido.

<sup>12</sup> El período 2, no incluido en el Cuadro 2, va desde marzo 3 del 2003 hasta mayo 21 del 2003.

### Cuadro 1 Operaciones de Compraventa de Divisas del Banco de la República

	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Compras</b>	<b>200</b>	<b>319</b>	<b>629</b>	<b>252</b>	<b>106</b>
Opciones put	200	319	629	252	106
Para acumulación de reservas internacionales	200	319	629	252	106
Para el control de la volatilidad	-	-	-	-	-
Intervención discrecional para acumulación de reservas internacionales	-	-	-	-	-
<b>Ventas (opciones call)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>414</b>	<b>345</b>
Para (des) acumulación de reservas internacionales	-	-	-	-	345
Para el control de la volatilidad	-	-	-	414	-
<b>Compras netas</b>	<b>200</b>	<b>319</b>	<b>629</b>	<b>-163</b>	<b>-238</b>
Ventas al Gobierno Nacional	-	-	-	-	-
<b>Compras netas sin Gobierno Nacional</b>	<b>200</b>	<b>319</b>	<b>629</b>	<b>-163</b>	<b>-238</b>

Fuente: Banco de la República y cálculos de los autores

mediante opciones, en el 6. En el período 7 se implementó un programa preanunciado de compras diarias de baja cuantía (US\$20 m).

El cambio de intervención mediante opciones en los períodos 1-3 a intervenciones discrecionales en el período 4 obedeció quizá a la intuición de que estas últimas tenían mayor impacto sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio en un contexto de marcada revaluación y alta volatilidad<sup>13</sup>. Como se observa en el gráfico, la tasa de cambio nominal pasó de \$2.968 por dólar a mediados del período 2 a \$2.245 a finales del período 4. Durante el primer semestre del 2006 se dejó de intervenir cuando

<sup>13</sup> Sólo Colombia y México utilizan el sistema de opciones para acumular o desacumular reservas. México dejó de hacerlo desde mayo del 2001 (Uribe y Toro, 2005). Werner (1997) no encuentra en México un impacto significativo de las intervenciones vía opciones.

	2004	2005	2006	2007	2008	1999-2008
	<b>2,905</b>	<b>4,658</b>	<b>1,781</b>	<b>5,082</b>	<b>2,381</b>	<b>18,313</b>
	1,580	-	584	555	965	5,189
	1,400	-	-	-	450	3,355
	180	-	584	555	515	1,834
	1,325	4,658	1,197	4,527	1,416	13,123
	-	-	<b>944</b>	<b>369</b>	<b>235</b>	<b>2,306</b>
	-	-	-	-	-	345
	-	-	944	369	235	1,962
	<b>2,905</b>	<b>4,658</b>	<b>836</b>	<b>4,713</b>	<b>2,147</b>	<b>16.006</b>
	500	3,250	1,000	-	-	4,750
	<b>2,405</b>	<b>1,408</b>	<b>-164</b>	<b>4,713</b>	<b>2,147</b>	<b>11,256</b>

la tasa de cambio se devaluó. La revaluación que tuvo lugar entre junio del 2006 y mayo del 2007 fue incluso más aguda que en los períodos anteriores y esto motivó, en parte, las nuevas intervenciones observadas en el período (5).

La revaluación continuó durante todo el período 5 y durante la primera parte del período 6, pero las intervenciones fueron menos intensas debido a las fuertes restricciones macroeconómicas que enfrentaron las autoridades. En particular, se consideró que las intervenciones discrecionales fuertes estimulaban los ataques especulativos cuando no eran coherentes con el resto de la política macroeconómica. Surge el interrogante sobre cómo explicar la necesidad de una devaluación (o una revaluación menor) expansionista e inflacionaria cuando la política monetaria trataba de enfriar la economía (sección II.A.2.b). Siguiendo el ejemplo de programas similares adoptados por Chile e Israel, en el período 7 se adoptó un programa preanunciado de

intervenciones diarias pequeñas (US\$20 millones)- Este programa duró aproximadamente tres meses debido, en parte, a la tendencia devaluacionista observada desde abril del 2008.

En cuanto a la volatilidad de la tasa de cambio, Vásquez (2008) estimó un modelo IGARCH (1,1) para el período 1967-2008 y encontró que la volatilidad durante el régimen de flotación administrada post-1999 pudo haber más que duplicado la volatilidad observada durante el régimen de bandas que rigió en la década de los noventa. El autor también muestra que la volatilidad ha sido especialmente marcada durante el 2008 (períodos 5 y 6), seguida por la de los meses finales del 2007 y, finalmente, por la de agosto del 2002 (finales del período 1) y diciembre del 2004 (período 4). La sección II.A.2 discute las razones que llevaron a las distintas modalidades de intervención.

El Cuadro 2 caracteriza la frecuencia, intensidad y duración de las intervenciones durante todo el período (columna 1) y durante seis de los siete subperíodos considerados en el Gráfico 1<sup>14</sup>. No se incluye el período 2; solo se presentaron ventas, y en este trabajo sólo se analiza el impacto de las compras.

En el Cuadro puede observarse: i) las compras registradas en los períodos 4 y 5 representaron más del 70% de las compras del período total; ii) las compras vía opciones de volatilidad fueron menores (cercasas al 10%) que las destinadas a acumulación de reservas;<sup>15</sup> iii) las compras fueron esporádicas (20,8% de los 2.261 días hábiles en que hubo transacciones); iv) se presentan diferencias importantes para las distintas modalidades de intervención y subperíodos y la compra discrecional de acumulación de reservas es la modalidad de intervención más frecuente (15,8% de los días hábiles), especialmente en los subperíodos 7 (95,8% de los días), 4 (67,5%) y 5 (5..1% de los días); v) no hubo compras (bajo ninguna modalidad) en los días en que hubo ventas.

Adicional a lo anterior, los valores promedio y máximo de las compras diarias resultaron ser mayores para las opciones de acumulación de reservas (17,6% del tamaño del mercado en promedio, 130,2% máximo) y relativamente similares para las otras dos modalidades (7,2% y 5% promedio; 48,6% y 36,5% máximo). En concordancia

---

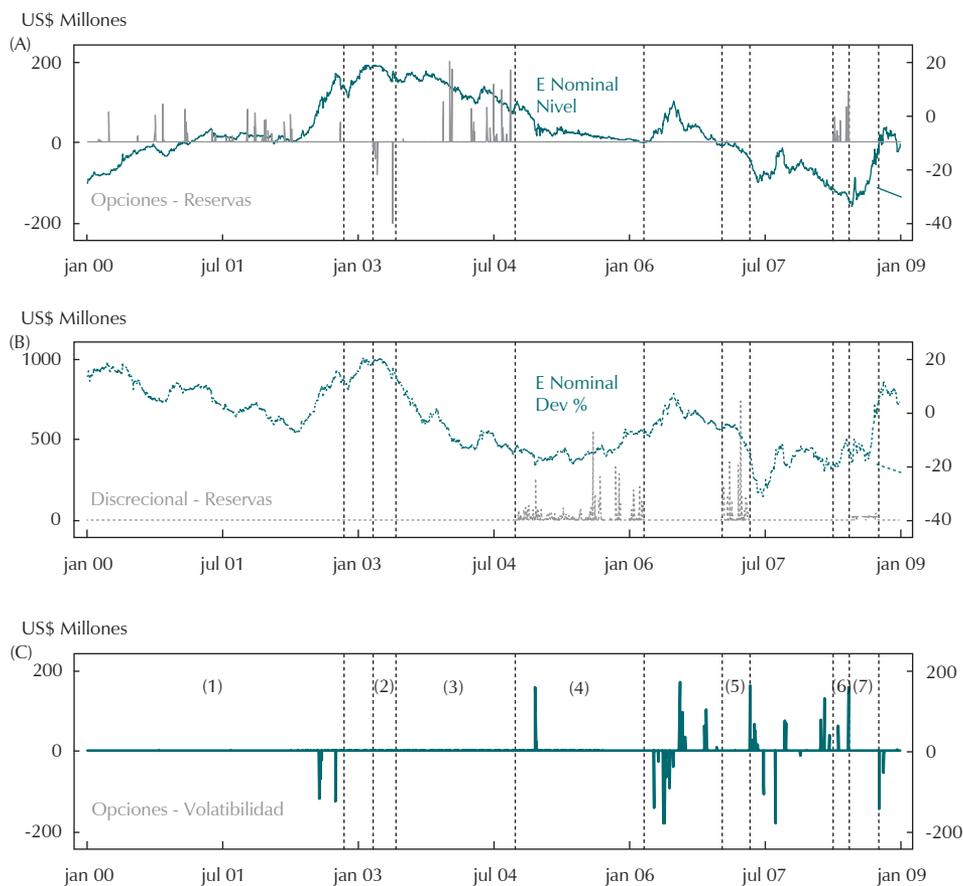
14 Se utiliza el formato presentado por Kamil (2008).

15 Además, su tamaño relativo disminuyó pues el monto de las transacciones diarias se elevó desde un promedio de US\$609 m en el período 1 a US\$1719 m en el período 7.

con los argumentos anteriores, el volumen relativo de las intervenciones diarias fue mucho menor en los subperíodos 6 y 7.

Finalmente, los números máximo y promedio de intervenciones continuas fueron mucho mayores para las compras discrecionales de acumulación de reservas (34 días el máximo, y 8,1 días el promedio) que para las compras de acumulación de reservas vía opciones (4 y 1,4 días) o para las compras automáticas de volatilidad vía opciones (3 y 1,4 días). La duración de las intervenciones continuas fue especialmente marcada en los períodos 7 (máximo de 34 días) y 4 (máximo de 30 días).

Gráfico 1  
Intervenciones Diarias, Compras y Ventas, 1999-2008 (millones de US\$)



## Cuadro 2 Caracterización de las Intervenciones de Compra

Período	Total	(1)
Desde	Dic 29/1999	Dic 29/1999
Hasta	Dic 31/2008	Oct 21/2002
Modalidad		Opciones
Compras/Ventas		Compras
Compras totales acumulación de reservas (US\$ millones)	16,061	1,199
Compras totales opciones de volatilidad (US\$ millones)	1,833	-
<b>I. Frecuencia</b>		
1. Número de días	3,290	1027
2. Número de días en que hay transacciones <sup>1/</sup>	2,261	706
3. Número de días con intervención	470	40
Acumulación de Reservas - Discrecional	357	
Acumulación de Reservas - Opciones	79	40
Volatilidad - Opciones	34	
4. % de días en que se interviene	20.8	5.7
Acumulación de Reservas - Discrecional	15.8	-
Acumulación de Reservas - Opciones	3.5	5.7
Volatilidad - Opciones	1.5	-
<b>II. Intensidad</b>		
1. Valor promedio de la intervención (US\$ millones)	43	30
Acumulación de reservas - discrecional	36	
Acumulación de reservas - opciones	40	30
Volatilidad - opciones	54	
2. Valor máximo de la intervención (US\$ millones)	733	94
Acumulación de reservas - discrecional	733	
Acumulación de reservas - opciones	200	94
Volatilidad - opciones	170	
3. Valor promedio de la intervención (% del valor de las transacciones diarias)	9.9	24.0
Acumulación de reservas - discrecional	5.0	
Acumulación de reservas - opciones	17.6	24.0
Volatilidad - opciones	7.2	

	(3) Jul 2/2003 Sep 8/2004	(4) Sep 21/2004 Mar 01/2006	(5) Ene 15/2007 Abr 30/2007	(6) Abr 4/2008 Jun 5/2008	(7) Jun 24/2008 Oct 6/2008
	Opciones	Discrecional	Discrecional	Opciones	Opciones
	Compras	Compras	Compras	Compras	Compras
	1,499	7,148	4,381	430	1,356
	-	180	-	243	-
	434	526	105	62	104
	298	360	74	43	72
	26	245	43	14	69
	26	243	43		69
				11	
		2		3	
	8.7	68.1	58.1	32.6	95.8
	8.7	67.5	58.1	-	95.8
	-	-	-	25.6	-
	-	0.6	-	7.0	-
	58	60	102	60	20
	58	29	102		20
				39	
		90		81	
	200	542	733	157	39
	200	542	733		39
				125	
		158		157	
	14.5	12.3	10.4	5.6	1.9
	14.5	5.0	10.4		1.9
				4.3	
		19.6		6.8	

## Cuadro 2 (continuación) Caracterización de las Intervenciones de Compra

Período	Total	(1)
<i>Desde</i>	Dic 29/1999	Dic 29/1999
<i>Hasta</i>	Dic 31/2008	Oct 21/2002
<b>II. Intensidad</b>		
4. Valor máximo de la intervención (% del valor de las transacciones diarias)	130.2	130.2
Acumulación de reservas - discrecional	48.6	
Acumulación de reservas - opciones	130.2	130.2
Volatilidad - opciones	36.5	
<b>III. Duración</b>		
1. Número de días con intervención continua (máximo)	34.0	4.0
Acumulación de reservas - discrecional	34.0	
Acumulación de reservas - opciones	4.0	4.0
Volatilidad - opciones	3.0	
2. Número de días con intervención continua (promedio)	3.6	1.3
Acumulación de reservas - discrecional	8.1	
Acumulación de reservas - opciones	1.4	1.3
Volatilidad - opciones	1.4	

1/. Excluyendo los sábados, domingos, y los días de fiesta en los Estados Unidos.  
No se incluye el período de ventas (2), comprendido entre el 3 de Marzo y el 21 de Mayo de 2003.

## 2. Razones para intervenir

### a. Tasa de cambio y reservas internacionales

Como parte integral de la política de inflación objetivo adoptada en noviembre de 1999, Colombia abandonó en septiembre del 2000 el régimen de bandas cambiarias que había regido desde septiembre de 1994<sup>16</sup>. Se pasó a un sistema de relativa flexibilidad cambiaria, pero la *Junta* nunca descartó la posibilidad y conveniencia de

<sup>16</sup> Después de haber logrado un principio de acuerdo con el *Fondo Monetario Internacional* sobre el programa de ajuste macroeconómico. El acuerdo con el *Fondo* implicaba un mayor compromiso sobre el ajuste fiscal, un mayor acceso al crédito de la banca multilateral y el respaldo de un crédito importante de balanza de pagos.

	(3) Jul 2/2003 Sep 8/2004	(4) Sep 21/2004 Mar 01/2006	(5) Ene 15/2007 Abr 30/2007	(6) Abr 4/2008 Jun 5/2008	(7) Jun 24/2008 Oct 6/2008
	44.2	40.9	48.6	14.1	3.3
	44.2	40.9	48.6		3.3
				14.1	
		36.5		12.0	
	3.0	30.0	8.0	3.0	34.0
	3.0	30.0	8.0		34.0
				3.0	
		1.0		2.0	
	1.4	4.2	3.1	1.4	14.1
		7.3	3.1		14.1
	1.4			1.5	
		1.0		1.3	

intervenir. Se afirmó, por ejemplo, que “aún cuando se permita que la tasa de cambio flote, es necesario evitar volatilidades extremas por los efectos perversos que esto podría tener sobre la estabilidad económica” (Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República. Banco de la República, Marzo de 2000, pp.30-32).

Desde comienzos del 2000 la *Junta* consideró conveniente establecer reglas permanentes de intervención con dos propósitos: el control de los excesos de volatilidad de la tasa de cambio y la acumulación de reservas. La definición de “volatilidad”

posiblemente cambió en el tiempo y en el IJDC de marzo del 2004 (p. 46) también se menciona la preocupación por las tendencias de mediano plazo<sup>17</sup>:

“En vista de la persistencia de las presiones revaloracionistas del tipo de cambio durante 2004, las cuales se considera pueden ser transitorias, la JDBR estimó prudente convocar a subastas de acumulación de reservas internacionales para enfrentar en el mediano y largo plazo posibles reversiones de los flujos de capital y ajustes en la tasa de cambio que pueden afectar el comportamiento futuro de la inflación. [...] las compras de reservas serán esterilizadas hasta en un 50%”.

El anuncio de intervención se hizo inicialmente por una suma fija de US \$1.000 m y por un período limitado, correspondiente al último trimestre del 2004. No obstante, hacia la tercera semana de diciembre del 2004 la autoridad monetaria anunció que continuaría interviniendo discrecionalmente por un período y un monto indefinidos (Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República. Banco de la República, Marzo de 2000, p.69).

Adicionalmente, en el IJDC de julio del 2006 (p. 64) se menciona que:

“Desde el año 1999 cuando Colombia adoptó un régimen de flotación cambiaria, la estrategia de inflación objetivo se ha combinado con intervenciones en el mercado cambiario por parte del Banco de la República, como mecanismo complementario para evitar volatilidad en el crecimiento económico y en la tasa de cambio real. El Banco de la República interviene en el mercado cambiario para acumular reservas internacionales con el propósito de reducir la vulnerabilidad externa del país, para reducir la volatilidad de la tasa de cambio, o para moderar las presiones que puedan presentarse hacia revaluaciones insostenibles o hacia depreciaciones excesivas que puedan afectar el comportamiento de la inflación”.

El Gráfico 2 muestra la evolución de las reservas internacionales de Colombia entre 1994 y 2008. Su nivel constituye otra razón potencial para comprar divisas. En el panel A se considera la relación entre las reservas y la amortización, el servicio de la deuda externa y la cuenta corriente; en el panel B la relación con las importaciones y el PIB; y en el panel C la relación con los medios de pago (M3).

---

<sup>17</sup> Esta mayor preocupación por las tendencias de mediano plazo tal vez explica el paso de intervenciones vía opciones a intervenciones directas en septiembre del 2004 (ver arriba).

Las implicaciones de política difieren para los distintos indicadores, pero el comportamiento de algunos de ellos explica el interés de la *Junta* por elevar el nivel de reservas internacionales en algunos años. En particular, en los paneles B y C se sugiere que el nivel de reservas fue relativamente bajo en algunos de los años recientes. Además, el nivel de reservas del país fue moderado frente al de otros países de la región<sup>18</sup>. La variable relevante para una discusión sería sobre el nivel de reservas es la comparación entre el nivel observado y el “óptimo”, una discusión que desborda el alcance de este documento<sup>19</sup>.

b. Consistencia macroeconómica

Las intervenciones pueden resultar coherentes con el resto de la política económica en ciertos períodos —lo cual las hace creíbles y probablemente incrementa su impacto (Sección III.A)—, pero pueden aparecer inconsistentes en otros (Hufner, 2004). La discusión puede ilustrarse para el caso de Colombia entre 1999 y 2008 con base en la información contenida en el Gráfico 3, en diferentes Informes de la *Junta* al Congreso (IJDC) y en otros documentos sobre la política de intervención<sup>20</sup>.

La inflación descendió año tras año entre 1999 y el 2006. Se cumplieron las metas de la *Junta* en seis de los ocho años comprendidos entre 1999 y el 2006 y la brecha del producto fue negativa hasta el segundo trimestre del 2006. Debido a esto, la *Junta* decidió mantener la tasa de interés de intervención en niveles bajos (con reducciones en varias oportunidades) además, la tasa de intervención y la tasa interbancaria (TIB) se movieron cercanamente en ese período.

18 Para 2003, véase Banco de la República de Colombia (2003). El promedio de los ordenamientos (de mayor a menor) frente a otros cinco países de la región para las seis variables del gráfico anterior es 2,83 en el 2003 y 3,67 en el 2007; se tuvo una posición intermedia en el 2003 que incluso se deterioró en términos relativos en el tiempo. El país aparece con indicadores especialmente bajos en el 2007 para las variables reservas/importaciones (orden cinco entre seis países) y reservas/PIB (orden cuatro).

19 El Departamento Técnico del Banco de la República realizó en 2003 un ejercicio sobre el nivel óptimo de reservas y concluyó que el nivel observado en ese entonces, cercano a US\$ 10.000 m, no era muy diferente al “óptimo”, suponiendo que la falta de reservas “ocasionaba” una caída del PIB de 5,5%; el nivel óptimo para una caída del PIB de 10% resultó de US\$ 11.885 m. Véase Banco de la República de Colombia (2003) y “Análisis del nivel adecuado de reservas internacionales”, *Reporte del Emisor*, diciembre del 2003, Banco de la República de Colombia.

20 En particular véase Kamil (2008), Uribe y Toro (2005) y Toro y Julio (2006).

Sin embargo, la inflación comenzó a subir desde mediados del 2006 (período 4 en el Gráfico 3), estuvo muy cerca del rango superior de la meta en el 2006 y por encima del rango en el 2007 y el 2008. La brecha del producto fue crecientemente positiva entre diciembre del 2006 y diciembre del 2007 y permaneció en niveles positivos y altos en los trimestres posteriores. Frente a esta situación las autoridades comenzaron a subir las tasas de interés de intervención en abril del 2006.

**Gráfico 2**  
 Reservas Internacionales de Colombia, Diferentes Indicadores en el Período 1994-2008

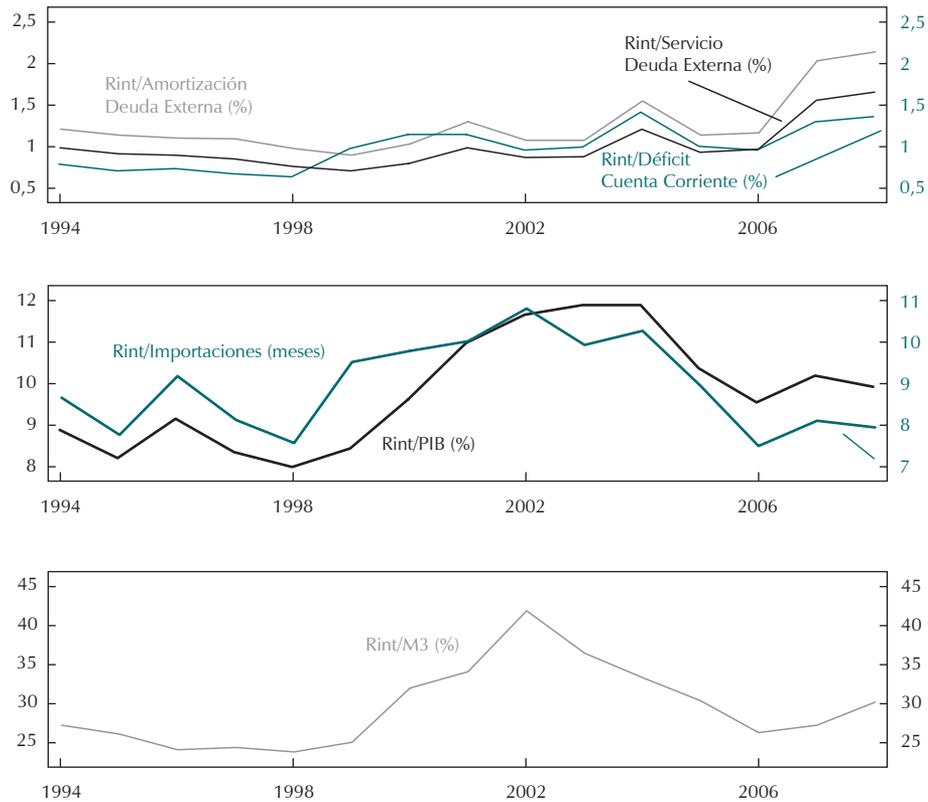
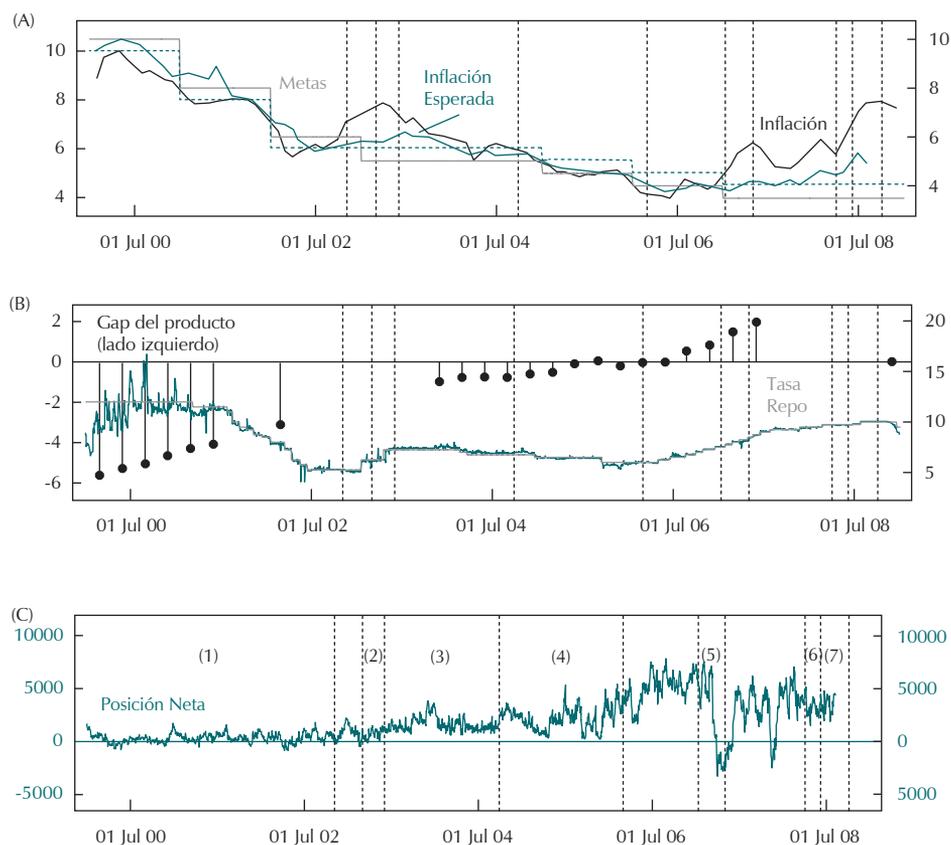


Gráfico 3  
La Situación Macroeconómica y las Intervenciones Cambiarias



Parece razonable que la *Junta* tratara de elevar la tasa de cambio en los períodos 1 y 2 como medida adicional para expandir la economía cuando la inflación era baja y el gap del producto negativo. En el IJDC de julio del 2003 (p. 17) se afirma que la *Junta* puede tratar de modificar el nivel de la tasa de cambio como consecuencia de los objetivos del Banco de estabilizar la inflación y reducir las desviaciones del producto con respecto a su nivel potencial, y en forma aún más explícita se afirma en marzo del 2005 (p. 32) que:

“En períodos en los que se requiere una estrategia monetaria expansiva, la compra de divisas puede actuar como complemento de reducciones en las tasas de interés de intervención... esto es precisamente lo que ha sucedido en Colombia

durante 2004 y comienzos de 2005 [...]. Incluso países como Nueva Zelanda, considerados tradicionalmente entre los pioneros de la estrategia de inflación objetivo, han aceptado la intervención cambiaria con propósitos que van más allá del control de la volatilidad de corto plazo [...]. Este tipo de política monetaria [...] resulta superior a la que se concentra de manera exclusiva en el manejo de las tasas de interés”.

Sin embargo, como menciona Kamil (2008), resulta difícil justificar intervenciones cambiarias en exceso agresivas a partir de comienzos del 2007 (períodos 5 y 6). ¿Por qué adoptar una política cambiaria expansiva cuando las autoridades han incrementado las tasas de interés y han introducido (mayo del 2007) medidas adicionales para evitar el recalentamiento de la economía<sup>21</sup>.

Además, y es un tema poco mencionado en la discusión, no existe garantía de que las autoridades puedan esterilizar intervención, aún si desean hacerlo. De hecho, en un documento reciente Echavarría, López, y Misas (2009) muestran que las intervenciones del período redujeron la tasa de interés a noventa días y elevaron el nivel de precios.

En el informe de julio del 2007 (p. 71) la *Junta* afirma:

“La efectividad de la intervención cambiaria y su impacto sobre las expectativas de inflación dependen del estado de la economía y de la percepción del público sobre la coherencia entre la política monetaria y la política cambiaria. Con la intervención, el público puede pensar que el Banco Central tiene un objetivo inflacionario y otro cambiario. En la medida en que se perciba alguna contradicción en el logro simultáneo de ambos objetivos, la credibilidad de los mismos quedará en entredicho, y la efectividad de la intervención en el mercado cambiario puede verse reducida. Por ejemplo, si el compromiso con la meta de inflación goza de alta credibilidad y la autoridad juzga necesario incrementar las tasas de interés

---

21 En ese momento se estableció un depósito obligatorio por un monto equivalente al 40% del valor de los desembolsos de deuda externa diferente de prefinanciación de exportaciones; se estableció un límite de apalancamiento del 500% del patrimonio técnico de los intermediarios financieros para operaciones en el mercado de derivados; y en el caso de las inversiones de portafolio de capital extranjero, se estableció un depósito obligatorio no remunerado en moneda legal en el Banco de la República de Colombia equivalente al 40% del valor de las nuevas inversiones (Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República. Banco de la República. 2008, pp.41-43).

para el logro de la meta de inflación, una intervención esterilizada no será muy efectiva, puesto que el mercado asignará una baja probabilidad a un descenso futuro de las tasas de interés, con lo cual se mantendrá el atractivo para la entrada de capitales al país”.

Con base en este tipo de argumentos, la *Junta* abandonó el esquema de intervenciones de acumulación de reservas aún cuando se mantuvo las opciones automáticas de volatilidad entre mayo del 2007 y junio del 2008, y en ese último mes cambió su estrategia de intervención por un mecanismo totalmente transparente y poco propenso a ataques. Como se mencionó antes, en el período 7 se decide intervenir diariamente con cantidades pequeñas y preanunciadas:

“En junio 20 de 2008 el Emisor anunció un nuevo mecanismo de intervención en el mercado cambiario, al determinar una acumulación diaria de US\$20 m a través de subastas diarias de compra directa, que se llevarán a cabo en lo que resta del año. Por este mecanismo se comprarán US\$2.400 m entre julio y diciembre, con lo cual la compra total de divisas será cercana a US\$3.500 m en el año completo. (Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República. Banco de la República. 2008, p.76)”.

Adicional a lo anterior, para la *Junta* constituyó siempre un factor de preocupación el hecho de que el Banco Central tuviese una posición neta negativa frente al sistema financiero (es decir, que fuese deudor neto, con una liquidez excesiva en el mercado<sup>22</sup>). En este caso el sistema bancario no tiene que recurrir al Banco Central y se reduce el efecto de modificaciones de la tasa de intervención sobre las tasas de interés de mercado de corto plazo (Bofinger, 2001, pp. 250)<sup>23</sup>. Como se indica en el panel inferior del Gráfico 3, los niveles de deuda neta que tuvieron lugar a comienzos y finales del 2007 no se presentaron en ningún otro período.

22 Formalmente, la posición neta del Banco de la República de Colombia se define como la diferencia entre el stock de Repos en poder del Banco y los Depósitos Remunerados no Constitutivos de Encaje.

23 Algunos países que utilizan el esquema de inflación objetivo han solucionado el problema de la pérdida de control de las tasas de interés mediante la creación simultánea de una ventanilla de contracción y otra de expansión, con lo cual se fijan límites a la fluctuación de la tasa de interés de corto plazo.

No existe un trabajo sistemático sobre las razones que llevaron a la *Junta* a optar por uno u otro tipo de intervención. ¿Por qué se pasó de un esquema de acumulación de reservas vía opciones entre el 2000 y el 2004 a un esquema alternativo de intervención discrecional entre mediados del 2004 y mediados del 2007? ¿Por qué se regresó a un esquema discrecional en el 2008 y por qué se adoptó un esquema de compras “gota a gota” a finales del 2008? Es posible que los cambios guarden relación con la visión de los distintos miembros de la *Junta* sobre la deseabilidad (o no) y sobre la capacidad de tener un efecto sobre el nivel de corto o mediano plazo de la tasa de cambio, y sobre su volatilidad. En varias ocasiones se vio como la intervención inducía ataques muy fuertes de especuladores que pudieron haberse lucrado con las acciones del Banco Central y que redujeron el impacto potencial de las compras. Adicionalmente, siempre ha existido polémica en Colombia (y en la *Junta*) sobre el impacto potencial de las opciones de volatilidad: éstas pueden ser especialmente eficaces cuando se desea reducir volatilidad, de la tasa de cambio, pero poco eficaces cuando se desea cambiar su nivel.

#### B. ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE REACCIÓN DE LA JUNTA A PARTIR DE UN MODELO TOBIT

De las secciones anteriores puede concluirse que el Banco de la República de Colombia y buena parte de los bancos centrales del mundo intervienen, entre otra razones, para calmar mercados excesivamente volátiles y “desordenados”, para evitar tendencias “excesivas” en la tasa de cambio y para acumular reservas internacionales. Las compras de divisas pueden ayudar a expandir una economía en recesión (y baja inflación), pero pueden resultar contraproducentes cuando la economía comienza a recalentarse. Finalmente, la posición neta de endeudamiento del Banco Central fue un aspecto citado con frecuencia por la *Junta* en sus decisiones de intervención.

Con el fin de formalizar los planteamientos anteriores y cuantificar la importancia relativa de algunos de ellos en la decisión de intervenir se especifica la siguiente función de reacción del Banco Central, con los correspondientes signos esperados para las distintas variables:

$$I^c = \gamma_0 \pm \gamma_1 I_{-1}^c - \gamma_2 \Delta e - \gamma_3 (e - \bar{e}) - \gamma_4 \pi + \gamma_5 D_{pos\_neta} - \gamma_6 R^{int} + \mu_t \quad (1)$$

Donde  $I^c$  corresponde a las intervenciones (compras) diarias de dólares,  $\Delta e$  a la devaluación diaria de la tasa de cambio (pesos por dólar),  $\pi$  a la inflación anual y  $R^{int}$  al nivel de reservas internacionales;  $D_{pos\_neta}$  es una variable *dummy* que toma el valor de 1 cuando la posición neta del Banco Central es negativa (deudor neto) y de 0 en caso contrario y  $\bar{e}$  es el (logaritmo del) valor promedio de la tasa de cambio durante los últimos veinte días<sup>24</sup>, con  $e = \ln(\mathcal{E})$ , donde:

$$\bar{e} = \frac{1}{20} \sum_{j=1}^n \mathcal{E}_{t-j} \quad (2)$$

Siguiendo una práctica común en la literatura (Edison, 1993) y con el fin de obtener resultados relativamente comparables con los de Kamil (2008), sólo se examinó un subconjunto de las intervenciones. En particular, como se mencionó arriba sólo se consideraron las compras de divisas (y no las ventas) y sólo las compras vía opciones y discrecionales (y no las compras automáticas)<sup>25</sup>. De todas formas, el monto de las ventas en el período fue reducido y el número de días en que se vendieron divisas fue bajo (sección II.A.1)<sup>26</sup>.

Debido a la naturaleza de variable dependiente limitada de la intervención, la ecuación (1) es por lo general especificada como un modelo econométrico Tobit<sup>27</sup>. Para su estimación se utiliza el método de máxima verosimilitud. En efecto, las intervenciones son nulas durante un gran número de días (el Banco Central no interviene hasta que la intervención necesaria supera un nivel mínimo o *threshold*, Cuadro 2) y no existen valores negativos de la variable (sólo se consideraron las compras de divisas). Las variables se estimaron en niveles por ser I (0) las series (Apéndice 1).

24 Éste es el valor que arbitrariamente utiliza Kamil (2008), en parte porque ése es el período con respecto al cual se interviene en el caso de las opciones de volatilidad. Almekinders y Eijffinger (1992) utilizan un promedio de siete días.

25 No parece correcto estimar los “determinantes” de las intervenciones automáticas e incluir la variable estimada como instrumento en el cálculo de impacto en la sección III.A (ver abajo).

26 En un estudio de evento (aún preliminar) Echavarría, Vásquez y Villamizar (2009) comparan los determinantes y el impacto de las distintas modalidades de intervención y contrastan el impacto de las compras y las ventas de divisas. En ningún día del período se compraron y vendieron divisas de manera simultánea y en ningún día se intervino bajo más de una modalidad.

27 Véase Almekinders y Eijffinger (1992) y Kamil (2008).

Los signos de la ecuación sugieren que la probabilidad esperada de que el Banco Central compre divisas es mayor cuando la tasa de cambio se revalúa durante el día (puede ser el día anterior)<sup>28</sup>, cuando se revalúa frente a un “nivel objetivo” ( $\bar{\epsilon}$ ), cuando la inflación es baja, cuando el Banco Central es acreedor neto y cuando las reservas internacionales son bajas. Se incluye  $I_{t-1}^c$  para capturar los potenciales efectos persistentes o *clusters* en las intervenciones. Una constante  $\gamma_0$  positiva y significativa posiblemente indica un sesgo del Banco Central en sus intervenciones, inducido por la presencia de otras variables fundamentales diferentes a las de la ecuación (1) (ver nota de pie 3).

Adicionalmente, en la estimación se incorporan variables *dummy* para los períodos 5, 6 y 7 ( $D_{\text{per5}}$ ,  $D_{\text{per6}}$  y  $D_{\text{per7}}$ ), y el producto de cada variable y esas mismas *dummies* con el fin de capturar posibles cambios en la sensibilidad de las autoridades monetarias. Kamil (2008) sugiere que los parámetros estimados cambiaron en el tiempo, posiblemente porque las autoridades incrementaron su sensibilidad a algunas de las variables independientes cuando enfrentaron restricciones macroeconómicas fuertes en los últimos períodos<sup>29</sup>.

El Cuadro 3 muestra los resultados de la estimación de los parámetros de la función de reacción e incluye las *dummies* y las variables multiplicativas mencionadas, con datos diarios entre enero 1 del 2000 y diciembre 31 del 2008. Como variable dependiente se utilizan las compras de divisas diarias para acumulación de reservas (discrecionales y mediante opciones) sin incluir las intervenciones automáticas de reducción de volatilidad (ver nota de pie 11).

Las columnas 1-3 del cuadro, difieren en la definición de inflación utilizada: el nivel de la inflación observada en la columna 1, la diferencia entre la inflación observada y la meta  $\pi - \pi^m$  (valor superior del rango en los períodos en que existió rango) en la columna 2 y la diferencia con la inflación esperada según encuestas  $\pi - \pi^e$  en la columna 3<sup>30</sup>.  $D_{\text{posneta}}$  es una variable *dummy* que adopta el valor de 1 en los días en que la posición neta del Banco Central es negativa y de 0 en caso contrario. No se

28 Guimaraes y Karacadag (2004) argumentan que cuando la intervención se realiza mediante opciones el signo negativo de  $\gamma_2$  no significa que el Banco Central vaya en contra de la corriente (*lean against the wind*); simplemente se deriva de la forma en que operan las opciones.

29 Los valores y la significancia de los coeficientes cambian para la regresión en el período enero del 2007 a abril del 2007 (período 5). Véase, en especial, Kamil (2008), Cuadro 2, columnas 1 y 2.

30 Almekinders y Eijffinger (1992) y Bonser-Neal y Tanner (1996) usan las sorpresas en cada variable (su valor menos el esperado), pues trabajan con la volatilidad implícita en un sistema de

incluye en el cuadro la variable reservas internacionales. No resultó significativa, quizá porque lo reaventé sería su relación con el nivel óptimo.

Los resultados son satisfactorios. En efecto, las variables de la ecuación (1) resultan estadísticamente significativas al 5% y los coeficientes asociados tienen el signo esperado<sup>31</sup>, se sugiere que las autoridades compraron más divisas cuando la tasa de cambio se revaluó respecto al día anterior o al promedio móvil de los últimos veinte días, cuando se redujo la presión inflacionaria y cuando el Banco Central tuvo una posición acreedora neta.

Adicionalmente, se observa una mayor sensibilidad de las autoridades a los cambios diarios en la tasa de cambio en el período 5 y a la diferencia entre la tasa de cambio y el promedio en los períodos 5 y 7<sup>32</sup>, pero no se presentan cambios en la sensibilidad ante las distintas mediciones de la inflación o ante variaciones en la posición neta del Banco Central. Los resultados descritos son relativamente robustos a la inclusión (o no) de las variables *dummy* y de sus efectos multiplicativos<sup>33</sup>. En síntesis, en algunos casos se incrementó la sensibilidad de las autoridades ante las variaciones de la tasa de cambio, pero la posible contradicción macroeconómica descrita en la sección II.A.2.b no parece haber afectado la función de reacción de las autoridades.

opciones. Kamil (2008) también emplea  $\pi - \pi^e$  como variable independiente, aún cuando ésta no es necesariamente la mejor variable.

31 El coeficiente asociado a la variable  $\Delta e_{t-1}$  sólo es significativo al 10% en la columna 1, pero al 5% en las columnas 2 y 3.

32 La variable  $\Delta e_{t-1} * D_{per5}$  resulta significativa al 5% en las columnas 1 y 2, y al 10% en la columna 3; la variable  $(e_t - \bar{e}) * D_{per5}$  resulta significativa al 5% en las columnas 1 y 2, y al 10% en la columna 3; la variable  $(e_t - \bar{e}) * D_{per7}$  resulta significativa al 5% en las columnas 1 y 2, y al 1% en la columna 3.

33 Algunas de las variables pierden relevancia cuando no se incluyen la *dummies* para el período 7, lo cual se debe, posiblemente, a las características completamente diferentes de la intervención en dicho período.

**Cuadro 3**  
Determinantes de las Intervenciones Diarias del Banco Central, Regresión Tobit,  
1/01/2000 - 12/31/2008

$$I_t^c = \gamma_0 \pm \gamma_1 I_{t-1}^c - \gamma_2 \Delta e_{t-1} - \gamma_3 (e_{t-1} - \overline{e_{t-1}}) - \gamma_4 (\pi_t) - \gamma_5 D_{pos\_neta} + \mu_t$$

Definición de Inflación	(1)	(2)	(3)
	$\pi_t$	$\pi_t - \pi^m$	$\pi_t - \pi^c$
$I_{t-1}^c$	0.56 (6.5)***	0.52 (6.2)***	0.63 (7.0)***
$\Delta e_{t-1}$	-1287.90 (-1.9)*	-1755.40 (-2.3)**	-1703.06 (-2.2)**
$e_{t-1} - \overline{e_{t-1}}$	-954.57 (-3.4)***	-1823.37 (-5.5)***	-1641.89 (-4.8)***
Inflación	-23.76 (-8.2)***	-51.28 (-8.8)***	-29.82 (-4.8)***
$D_{posneta}$	-41.50 (-2.4)**	-74.20 (-4.1)***	-83.06 (-4.5)***
$\Delta e_{t-1} * D_{per5}$	-10501.22 (-2.2)**	-10508.59 (-2.2)**	-9510.80 (-1.9)*
$\Delta e_{t-1} * D_{per6}$	2948.54 (0.4)	3270.86 (0.4)	3562.01 (0.4)
$\Delta e_{t-1} * D_{per7}$	1392.32 (1.3)	1857.35 (1.6)	1738.22 (1.2)
$e_{t-1} - \overline{e_{t-1}} * D_{per5}$	-4969.70 (-2.3)**	-4288.10 (-2.0)**	-4138.99 (-1.8)*
$e_{t-1} - \overline{e_{t-1}} * D_{per6}$	5445.13 (0.7)	6362.46 (0.8)	6155.09 (0.8)
$e_{t-1} - \overline{e_{t-1}} * D_{per7}$	1021.70 (2.0)**	1890.46 (3.6)***	1733.23 (2.7)***
Inflación * $D_{per5}$	-34.13 (-0.8)	-10.37 (-0.2)	-32.78 (-0.6)
Inflación * $D_{per6}$	66.05 (0.7)	94.70 (1.1)	91.26 (0.7)
Inflación * $D_{per7}$	17.78 (0.3)	45.36 (0.7)	22.70 (0.5)
$D_{posneta} * D_{per5}$	55.59 (1.1)	89.01 (1.8)*	88.30 (1.9)*

Cuadro 3 (continuación)  
 Determinantes de las Intervenciones Diarias del Banco Central, Regresión Tobit,  
 1/01/2000 - 12/31/2008

Definición de Inflación	(1)	(2)	(3)
	$\pi_t$	$\pi_t - \pi^m$	$\pi_t - \pi^e$
*D <sub>per5</sub>	232.61 (1.0)	124.58 (3.5)***	129.46 (2.5)**
*D <sub>per6</sub>	-295.52 (-0.7)	42.00 (0.5)	40.48 (0.5)
*D <sub>per7</sub>	1.57 (0.0)	122.78 (0.6)	115.77 (1.3)
Constante	49.21 (3.0)***	-98.41 (-16.2)***	-98.06 (-16.1)***
No.Obs	1700	1700	1638
Pseudo R <sup>2</sup>	0.078	0.084	0.063
Log Likelihood	-2339.86	-2323.93	-2253.65

Estadística "t" en paréntesis: \* p<0.10; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01; lc: compras de divisas; pm y pe: inflación meta y esperada; Dposneta: 1 cuando el banco central es deudor neto; Dper5, 6 y 7=1 para los días incluidos en los periodos 5, 6 y 7, respectivamente. Problemas de multicolinealidad impiden reportar el coeficiente de las variables Dposneta\*Dper6 y Dposneta\*Dper7.

### III. EL EFECTO DE LAS INTERVENCIONES CAMBIARIAS

#### A. EFECTO DE LAS INTERVENCIONES SOBRE EL NIVEL Y LA VOLATILIDAD DE LA TASA DE CAMBIO

##### 1. Nivel

La literatura propone tres canales a través de los cuales las intervenciones de los bancos centrales afectan la tasa de cambio: a través de sus efectos sobre el portafolio de los agentes: vía señales sobre la política monetaria futura; y a través de señales sobre burbujas, cuando las autoridades estiman que el nivel de la tasa de cambio difiere del que determinarían las variables fundamentales.

A partir de la ecuación de paridad no cubierta (PNC) con riesgo, Kearns y Rigobón (2005) plantean el siguiente modelo:

$$E_t \{e_{t+1} | \Omega_t\} - e_t = (i_t - \rho_t) - i_t^* \tag{3}$$

Donde  $i_t$  e  $i_t^*$  corresponden a las tasas de interés nominal local e internacional,  $e_t$  al logaritmo de la tasa de cambio *spot* y  $E(e_{t+k})$  al valor esperado en  $t$  del logaritmo de la tasa de cambio en  $t+k$ ; la inclusión del riesgo variable ( $\rho_t$ ) en la ecuación (3) supone que los bonos representan riqueza (no existe equivalencia ricardiana) y que los bonos en dólares y en pesos son sustitutos imperfectos.

Según la ecuación (3), el valor esperado de la tasa de cambio depende del conjunto de información disponible en  $t$  ( $\Omega_t$ ), el cual a su vez depende de las intervenciones contemporáneas y rezagadas  $(I_j)_{j=-\infty}^t \subset \Omega_t$ . Si se sustituye hacia adelante y se suprimen otros elementos del conjunto de información diferentes a  $I_t$ , se tiene que:

$$e_t = E_t \left\{ \sum_{j=0}^{T-1} [i_{t+j}^* - (i_{t+j} - \rho_{t+j})] \mid I_t \right\} + E_t \{ e_{t+T} \mid I_t \} \quad (4)$$

Según la ecuación (4), el nivel observado de la tasa de cambio hoy ( $e_t$ ) depende de la senda esperada de la política monetaria en el País y en el exterior (tasas de interés observadas y futuras), de los valores esperados para el riesgo hoy y en el futuro y de la tasa de cambio esperada en el futuro lejano en  $t+T$ . Todas las variables dependen a su vez de  $I_t$ , si  $I_t$  es una parte fundamental del conjunto total de información  $\Omega_t$ .

El efecto positivo de la expansión monetaria (reducción de tasas de interés,  $i_{t,t+k}$ ) sobre la tasa de cambio nominal es ampliamente aceptado en la literatura, teniendo en cuenta que el precio del dólar, como el de cualquier otro bien, aumenta con la cantidad de dinero<sup>34</sup>. Sin embargo, se suscita discusión cuando la intervención es esterilizada y surge el interrogante de si una intervención que no influya sobre la tasa de interés observada puede alterar la tasa de cambio *spot*. En otras palabras, ¿existe la posibilidad de una política cambiaria independiente de la política monetaria?

Los tres canales mencionados hacen parte de la ecuación (4). El efecto portafolio corresponde al impacto sobre el riesgo actual y futuro y es medido por  $E_t \left\{ \sum_{j=0}^{T-1} \rho_{t+j} \mid I_t \right\}$ ; el efecto señal sobre la política monetaria futura se captura a partir de  $E_t \left\{ \sum_{j=1}^{T-1} [i_{t+j}^* - i_{t+j}] \mid I_t \right\}$ ; y el efecto señal sobre burbujas cambiarias está representado por  $E_t \{ e_{t+T} \mid I_t \}$ .

<sup>34</sup> La relación entre la tasa de cambio y la tasa de interés es negativa en el llamado modelo *stock* de la tasa de cambio y positiva en el enfoque monetario. Este último considera la tasa de interés de largo plazo, determinada fundamentalmente por expectativas de inflación (efecto *Fisher*).

El efecto portafolio puede explicarse de la siguiente forma: la venta de TES requerida para esterilizar la compra de dólares genera un riesgo adicional de *default* de los TES debido al incremento de su volumen en el mercado. En este sentido, la variable  $\rho$  incluye no sólo el riesgo país (riesgo de *default*, de nuevos impuestos y de controles de capital), sino también el riesgo cambiario. En relación con este punto, Domínguez y Frankel (1993) plantean que los agentes mantienen un portafolio en el que la cantidad de dólares depende del riesgo de los papeles en pesos:  $x_t = a + b\rho_t$ , donde  $x_t = \frac{\varepsilon_t \text{US\$}}{W}$  (US\$ corresponde a la cantidad de dólares en el portafolio y  $W$  a la riqueza total del agente). En otras palabras, la cantidad de dólares en el portafolio será mayor a medida que tengan más riesgo los papeles en pesos. Al expresar de nuevo la función que define el riesgo se tiene que  $\rho_t = -a\frac{1}{b} + \frac{1}{b}x_t$ . El coeficiente  $b$  indica el grado de sustitución entre activos: cuando  $b = \infty$  ( $\rho = 0$ ), los activos son sustitutos perfectos; y cuando  $b = \infty$  ( $\rho > 0$ ) son sustitutos imperfectos.

El efecto señal sobre la política monetaria futura se observa en la ecuación (4) a partir del impacto de  $I$  sobre  $E_t \left[ \sum_{j=0}^{T-1} i_{t+j}^* - i_{t+j} \right]$ . La credibilidad del Banco Central es crucial y se pierde rápidamente si las compras de divisas no van acompañadas de una política monetaria expansiva en el futuro. En este caso se tiene una intervención no esterilizada con rezago que, por lo tanto, no elimina la mencionada trilogía imposible (Domínguez, 1998; Tapia y Tokman, 2004). Los resultados empíricos y las encuestas a los banqueros centrales sobre la importancia de este canal resultan poco concluyentes, aún cuando parece ser mayor que la del canal de portafolio<sup>35 36</sup>. Sin embargo, el canal de portafolio podría ser relativamente más importante en los países emergentes que en los desarrollados (ver más adelante).

Finalmente, las autoridades pueden considerar que la tasa de cambio se encuentra desalineada respecto a sus determinantes fundamentales —  $(E_t \{e_t^{t+T} / I_t\})$  en la

35 Lewis (1995), Domínguez y Frankel (1993) y Kim (2003) plantean que el nivel de la intervención es un buen predictor de las tasas de interés y de los agregados monetarios en Japón y en Estados Unidos, respectivamente, pero los resultados no son satisfactorios en otros trabajos; Fatum y Hutchison (1999) no encuentran dicha evidencia para los Estados Unidos y Kaminsky y Lewis (1993) y Humpage (1991) encuentran una relación, pero muchas veces en la dirección contraria a la esperada; Flood y Garber (1991) obtienen resultados mixtos.

36 Véase Disyatat y Galati (2005), Lecourt y Raymond (2006) y Domínguez y Frankel (1993). Los banqueros entrevistados por Neely (2006) también consideran importantes los canales relacionados con el monto de liquidez que brinda o reduce la intervención.

ecuación (4)— debido al *overshooting* cambiario que producen las rigideces de precios (Dornbusch, 1976) o a la influencia de las acciones de un conjunto de “chartistas” que desplazan a las de un segundo grupo de agentes estabilizadores, los cuales operan con base en fundamentales. El anuncio de la intervención por parte del Banco Central puede jugar un papel coordinador que estimule a este segundo grupo a tranzar en el mercado cambiario<sup>37</sup>. Este canal supone que el Banco Central tiene información privilegiada de la que no dispone el mercado (Schwartz, 2000). Además, si la política monetaria cuenta con suficiente credibilidad sólo se requiere del anuncio y no es necesario ejecutar la intervención.

En su estudio sobre el caso para Chile, Tapia y Tokman (2004) sugieren que los (pocos) anuncios de desalineamiento de la tasa de cambio que emitieron las autoridades en agosto 16 del 2001 y en octubre 10 del 2002 jugaron un papel mucho más importante que las mismas intervenciones y que tuvieron efectos relativamente prolongados. Quizá por esta razón algunos bancos centrales que adoptan esquemas cambiarios relativamente flexibles sólo intervienen en ocasiones “excepcionales” (Mihalkej, 2005). Para el caso colombiano, únicamente en el comunicado de junio del 2008 la *Junta* sugirió que la tasa de cambio estaba desalineada con respecto a la tendencia de sus determinantes fundamentales.

La valoración de la profesión sobre el éxito potencial de las intervenciones ha cambiado y está dividida en la actualidad, no sólo en lo relativo a su impacto, sino también en cuanto a la importancia relativa de los distintos canales en los que opera. Esta divergencia obedece en parte a la heterogeneidad de las conclusiones encontradas en diferentes investigaciones. Varios trabajos encuentran un impacto positivo y significativo. El trabajo de Domínguez y Frankel (1993), por ejemplo: elevó el nivel de la discusión y se ha convertido en uno de los más influyentes en mostrar el impacto positivo de las intervenciones. También encuentran un efecto positivo los trabajos basados en estudios de eventos (Fatum y Hutchison, 1999; Humpage, 1996), con resultados que coinciden con las opiniones de todos los banqueros centrales entrevistados por Neely (2006). Otros trabajos, también encuentran un impacto positivo pero pequeño.

---

37 Véase Cutler, Poterba, y Summers (1990) y Sarno y Taylor (2001). En otras palabras, la intervención puede proveer el impulso hacia el equilibrio deseado cuando existe equilibrio múltiple en el nivel de la tasa de cambio, es decir, donde cada valor es consistente con el mismo conjunto de fundamentales, pero difiere en materia de expectativas (Hutchison, 2002).

La literatura señala que las las intervenciones tienen mayor impacto cuando son anunciadas públicamente<sup>38</sup>, son coordinadas entre países, son consistentes con el resto de la política fiscal y monetaria, y cuando existe una gran incertidumbre del mercado sobre el efecto de las variables fundamentales o de los eventos recientes (Neely, 2006). Algunos trabajos encuentran que las intervenciones de gran volumen y poco frecuentes tienen mayor influencia y que la primera intervención (luego de un período de no intervención) es más influyente que las restantes<sup>39</sup>. Taylor (2004) muestra que las intervenciones tienen mayor impacto cuando la tasa de cambio está desalineada con respecto al nivel de equilibrio<sup>40</sup>.

Domac y Mendoza (2004) encuentran que las ventas de divisas en México han contribuido a evitar la devaluación, y con un impacto no significativo para las compras<sup>41</sup>. Y algunos banqueros centrales entrevistados por Mihalkej (2005) consideran que las intervenciones son más efectivas cuando existen controles de capital o límites al apalancamiento en dólares por parte de las entidades financieras.

La evidencia revisada por Canales, Guimaraes y Karacadag (2003) y por Mihalkej (2005) sugiere que las intervenciones tienen mayor impacto en los países emergentes, pues el tamaño relativo de la intervención (es decir, frente al mercado) es por lo general mayor; existe menor nivel de sustitución entre los bonos en moneda local y en moneda extranjera (razón por la cual opera más fácilmente el canal de portafolio); y los bancos centrales podrían tener información adicional en comparación con los

---

38 Por esta razón, es difícil explicar las intervenciones secretas adoptadas por muchos bancos centrales en el pasado, una tendencia que parece estar cambiando: 77% de los banqueros centrales entrevistados por Neely (2001) algunas veces o siempre intervienen secretamente "para maximizar el impacto de la intervención", aún cuando el mismo autor (2006) argumenta que la mayoría de las intervenciones actuales no son secretas. Sobre las posibles explicaciones de las intervenciones secretas véase Sarno y Taylor (2001) y Beine y Bernal (2005).

39 Véase Kamil (2008) y Neely (2006) y la literatura allí citada.

40 Véase también Edwards (1991). En este sentido, algunos de los banqueros centrales entrevistados por Mihalkej (2005) consideran que es poco lo que puede hacer el Banco Central para evitar una devaluación que obedece a fundamentales débiles como un déficit fiscal amplio.

41 Una conclusión similar aparece en Guimaraes y Karacadag (2004). Algunos banqueros entrevistados por Mihalkej (2005) consideran más fácil resistir una apreciación que una depreciación cambiaria, aunque otros no encuentran diferencia en el impacto de cada tipo de intervención.

mercados de divisas (en parte gracias a la amplia regulación creada por el mismo Banco Central)<sup>42</sup>.

## 2. Volatilidad

El objetivo de la intervención (nivel vs. volatilidad), la credibilidad que tiene el Banco Central y la eficiencia con que operan los mercados cambiarios son las variables consideradas por Domínguez (1998) al analizar el impacto potencial de las intervenciones sobre la volatilidad<sup>43</sup>. El peso relativo de esas tres variables al momento de la intervención podría explicar por qué para algunos autores ésta no parece afectar el nivel de la tasa de cambio aún cuando eleva su volatilidad. Por qué para otros autores afecta el nivel y reduce la volatilidad, mientras para los demás la intervención no afecta ninguna de las dos variables<sup>44</sup>. Para algunos autores las ventas de divisas (mas no las compras) tienen impacto sobre la volatilidad (Domac y Mendoza, 2004); y para otros los anuncios son más relevantes que las mismas intervenciones. (Tapia y Tokman, 2004).

Según el marco analítico propuesto por Domínguez, una intervención que produzca una señal de reducción de las tasas de interés futuras —en un banco con credibilidad que opera en un contexto de mercados eficientes— tenderá a devaluar el nivel de la tasa de cambio y no afectará su volatilidad. Sin embargo, podría incrementar la volatilidad si el banco no cuenta con una amplia credibilidad o si los mercados cambiarios son ineficientes. De esta forma, la intervención, cuyo propósito es disminuir la volatilidad, será exitosa si las autoridades monetarias tienen suficiente credibilidad, si los mercados cambiarios son eficientes y si se anuncia claramente que éste es su propósito.

---

42 Véase también Mihalkej (2005). En sentido contrario, estaría el hecho de que los bancos centrales tienen menor credibilidad en los países emergentes, lo que posiblemente debilita el canal de expectativas.

43 Los modelos teóricos de Flood y Garber (1991) y de Krugman (2003) sobre el comportamiento de la tasa de cambio dentro de las bandas cambiarias dependen en forma crucial de que las intervenciones sean conocidas y creíbles. También los llamados modelos de crisis cambiarias “de segunda generación” asignan un papel central a la credibilidad de las autoridades y a la posible incoherencia entre diversos objetivos (Obstfeld, 1994).

44 El efecto de las intervenciones sobre la volatilidad ha sido uno de los temas más estudiados en la literatura, pero los resultados han sido mixtos. Las mismas posiciones diversas se observan en las encuestas a los banqueros centrales (Neely, 2006).

Las intervenciones anunciadas de manera transparente deberían reducir la volatilidad, máxime si se realizan con el propósito de “calmar mercados desordenados”, teniendo en cuenta que los períodos de calma y de turbulencia podrían explicarse, en parte, por la incertidumbre sobre los objetivos que motivan las intervenciones (Mussa, 1979)<sup>45</sup>. En este sentido, Domínguez (1993) encuentra que las intervenciones secretas en los Estados Unidos han incrementado la volatilidad. Las intervenciones podrían tener un impacto menos favorable en los países emergentes —donde la credibilidad de los bancos centrales es menor (Calvo, 1999)— y menos aún cuando entran en contradicción con la política macroeconómica (Sección II.A.2.b).

Las entrevistas reportadas por Mihalkej (2005) sugieren que los banqueros centrales son más optimistas sobre su capacidad para reducir la volatilidad que para afectar el nivel de la tasa de cambio, pero la mayoría de los *traders* encuestados por Cheung y Chinn (1999) consideran que las intervenciones de los Bancos Centrales incrementan la volatilidad, aunque tienen opiniones diferentes sobre si la intervención puede jalonar la tendencia de la tasa de cambio hacia la de los fundamentales (Neely, 2006)<sup>46</sup>.

Adicional a lo anterior, se presentan diferencias sobre el período de influencia de las intervenciones. En efecto, para una muestra de trece países industrializados y nueve países emergentes Neely (2001) encontró que en 39% de éstos sólo se requería de unos minutos para observar el efecto de la intervención, en 22% de unas pocas horas y en 49% de los casos de unos pocos días. Otros estudios empíricos sugieren, igualmente, que la influencia es mayor en el corto plazo (p. ej. entre un día y una semana) que en el mediano plazo (tres meses o más). Quizá por esta razón un porcentaje significativo de banqueros centrales entrevistados consideran que el máximo impacto de las intervenciones se observa en unos pocos días (Neely, 2001) y que para afectar la tasa de cambio en el mediano plazo se requiere repetir las intervenciones (Mihalkej, 2005). En este mismo sentido, Truman (2003) afirma que la intervención no afecta la tasa de cambio en el largo plazo.

Sin embargo, el análisis de Kim (2003), basado en la metodología VAR estructural, sugiere que la intervención puede tener un impacto de varios meses. Además, la discusión sobre el período de influencia es compleja. Como mencionan Domínguez y

---

45 Para una revisión de los resultados empíricos en varios países y períodos véase Neely (2006).

46 Las respuestas más fuertes se presentan en Cheung y Wong (2000): Tokio (55%) y Hong Kong (71%).

Frankel (1993, pp. 140) “Puede ser que la intervención sólo tenga efectos en el corto plazo, pero si estos “efectos de corto plazo” incluyen desinflar una burbuja nueve meses antes de lo que hubiese sucedido sin intervención [...]”.

## B. ESTIMACIÓN DEL NIVEL Y LA VOLATILIDAD A PARTIR DE UN MODELO EGARCH

Algunos trabajos que recurren a la aplicación de un modelo GARCH (Bollerslev, Chou y Kroner, 1992) sugieren que es posible predecir de manera parcial la volatilidad en los mercados financieros y que los choques a la tasa de cambio en el período  $t$  muestran una larga persistencia sobre la volatilidad condicional en  $t+s$  (Almekinders y Eijffinger, 1992). Para cuantificar el efecto de algunas variables económicas sobre la tasa de cambio y su volatilidad, se especifica y estima acá el modelo GARCH exponencial, EGARCH (1,1), sugerido por Nelson (1991). La ventaja de este tipo de modelos es que al considerar el logaritmo natural se garantiza el cumplimiento de la condición de no negatividad para la varianza. Adicionalmente, esta especificación permite capturar posibles efectos asimétricos de los choques sobre la volatilidad. Domac y Mendoza (2004) sugieren que en este campo el modelo EGARCH es “superior” al modelo GARCH<sup>47</sup>.

El modelo EGARCH tiene la siguiente especificación:

$$e^e_{t+k} - e_t = \beta_0 + \beta_1 \ln \left( \frac{1 + i_{t,t+k}}{1 + i_{t,t+k}^*} \right) - \beta_2 \rho_{pais,t} - \beta_3 \widehat{I}_{t-1}^c - \beta_4 (\pi_{t-1} - \pi_{t-1}^e) + \mu_t \quad (5)$$

$$\ln \sigma_t^2 = c + a \frac{|\mu_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + b \log \sigma_{t-1}^2 \pm \gamma_1 \ln \left( \frac{1 + i_{t,t+k}}{1 + i_{t,t+k}^*} \right) + \gamma_2 \rho_{pais,t} \pm \gamma_3 \widehat{I}_{t-1}^c + \gamma_4 (\pi_{t-1} - \pi_{t-1}^e) \quad (6)$$

47 Baillie, Bollerslev y Mikkelsen (1996) y Harvey (2010) han propuesto modelos de memoria larga pues se ha observado que las autocorrelaciones suelen decrecer de manera muy lenta en rezagos largos, quizá debido a la presencia de cambios estructurales o cambios en nivel y volatilidad. No obstante, como se ilustra en la Sección III.C, estos cambios no se encuentran en nuestras estimaciones empíricas.

Con  $\mu_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$ ;  $e_t$  corresponde al logaritmo de la tasa de cambio nominal y  $e_t^{t+k}$  al logaritmo de la tasa de cambio esperada en  $t$  para  $t+k$  (igual a  $e_{t+k}$  más un error aleatorio bajo expectativas racionales);  $i_{t,t+k}$  y  $i_{t,t+k}^*$  corresponden a la tasa de interés marginal-*forward* entre  $t$  y  $t+k$  en Colombia y en los Estados Unidos<sup>48</sup> y  $\rho_{pais,t}$  al “riesgo país”;  $\widehat{I}^c$  es el valor estimado para  $I^c$  en la ecuación (1) de la Sección II.B,  $\pi_t - \pi_t^e$  es el diferencial entre la inflación y la inflación esperada y  $\sigma_t^2$  es la volatilidad de la tasa de cambio. Siguiendo a Humpage (1996) y a Kamil (2008), se trabajó con  $\widehat{I}^c$  en lugar del valor observado de las compras ( $I^c$ ) para reducir problemas de simultaneidad<sup>49</sup>.

La ecuación (5) puede expresarse en términos de la ecuación “ampliada” de paridad no cubierta, en la que la variable  $e_t^{t+k} - e_t$  depende del diferencial de tasas de interés y del riesgo<sup>50</sup>. Este riesgo, a su vez, puede descomponerse en riesgo país y riesgo cambiario, y este último puede verse afectado por las variables  $\widehat{I}_{t-1}^c$  y  $\pi_t - \pi_{t-1}^e$ . La ecuación (6) permite estimar el efecto sobre la volatilidad de las mismas variables explicativas consideradas en la ecuación de media.

En cada ecuación se indican los signos esperados de los coeficientes. Siguiendo el consenso de la literatura sobre paridad no cubierta (PNC y los resultados empíricos para Colombia), se considera en (5) que  $e_t^{t+k}$  varía menos que  $e_t$  y por esta razón

el signo esperado para la variable  $\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$  es positivo; así, un incremento en  $i_{t,t+k}$

48 En todos los casos se utilizó la variable  $\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right) \approx i_{t,t+k} - i_{t,t+k}^*$ . Sobre el cálculo de las tasas marginales-*forward* a partir de las tasas de interés *spot* véase Echavarría, Vásquez y Villamizar (2008).

49 Esto podría explicar el coeficiente no significativo (o positivo y significativo) que encuentra un grupo amplio de trabajos en el área. Sobre el tema véase Sarno y Taylor (2001) y Tapia y Tokman (2004). Otros trabajos como Baillie y Osterberg (1997) y Lewis (1995) utilizan la intervención rezagada, una alternativa no recomendada si los mercados cambiarios son eficientes y la intervención brinda nueva información a los agentes. Kearns y Rigobón (2005) sugieren metodologías más sofisticadas, aplicables cuando las autoridades cambian la regla de intervención en el tiempo, y Neely (2005) sugiere utilizar la tasa de cambio *overnight* como instrumento. Otros trabajos utilizan información intradía de alta frecuencia. Véase Fatum y King (2005) para Canadá, Domínguez (2003) para los Estados Unidos, Chang y Taylor (1998) para Japón y Toro y Julio (2006) para Colombia.

50 Alternativamente, se incluye la tasa de interés para aislar el efecto de la política monetaria y de las intervenciones no esterilizadas (en su totalidad) sobre la tasa de cambio. En algunas ocasiones se esterilizó solo una parte de las compras (ver página 30).

induce entradas de capital, disminuye la tasa de cambio *spot* y eleva  $e^e_{t+k} - e_t$ . Un incremento en las otras tres variables  $\rho_{pais,t}$ ,  $\widehat{I}_{t-1}^c$ ,  $\pi_t - \pi_t^e$  eleva  $e_t$  y reduce  $e^e_{t+k} - e_t$ . En consecuencia, el signo esperado para esas variables es negativo<sup>51</sup>.

Los resultados esperados no son enteramente concluyentes para todos las variables en la ecuación (6) de volatilidad, aún cuando es de esperar que la volatilidad crezca con la inflación y con el riesgo. Como se explicó en la sección III.A.2, el efecto de la intervención puede variar dependiendo del anuncio que haga el Banco, de su credibilidad y de la eficiencia de los mercados cambiarios.

En muchos trabajos se utiliza el EMBI como *proxy* del riesgo país. Sin embargo, en Colombia esta variable depende fundamentalmente del comportamiento de cuatro títulos con períodos de maduración superior a nueve años (Echavarría, Vásquez y Villamizar, 2008) y no se obtuvieron resultados satisfactorios (ver más adelante). Por esto, siguiendo a Domowitz y Hakkio (1985), el indicador de riesgo país utilizado se basa en la ecuación de paridad cubierta (PC); es más preciso que el EMBI y varía con el período de maduración<sup>52</sup>:

$$\rho_{pais,t} = \frac{er_{pc} - \widehat{\alpha}_{pc} - (\widehat{\beta}_{pc} - 1) \ln\left(\frac{1+i_t}{1+i_t^*}\right)}{-\widehat{\beta}_{pc}} \quad (7)$$

Donde  $\widehat{\alpha}_{pc}$  y  $\widehat{\beta}_{pc}$  corresponden a los coeficientes estimados en la ecuación de paridad cubierta y  $er_{pc}$  al exceso de rendimiento en esa misma ecuación,  $er_{pc} = (f_t^{t+k} - e_t) - \ln\left(\frac{1+i_t}{1+i_t^*}\right)$ , siendo  $f_t^{t+k}$  la tasa de cambio *forward* en  $t$  para  $t+k$ . El Cuadro 4 muestra los resultados de la estimación de las ecuaciones (5) y (6) para  $k=1$  día. En la columna 1 se incluyen todas las variables consideradas en (5) y (6), en

51 Los signos esperados para los coeficientes son opuestos a los de los trabajos que utilizan  $e_t - e_{t-1}$  como variable dependiente, suponiendo que  $e_{t-1}$  es predeterminada. Éste es el caso para Kamil (2008), Domac y Mendoza (2004), Guimaraes y Karacadag (2004) y Disyatat y Galati (2005). El modelo de paridad no cubierta empleado en todos los trabajos es un modelo con expectativas hacia el futuro y tasas de interés  $k$  períodos hacia adelante. Por esto parece más adecuado trabajar con nuestra formulación, que es también la empleada en trabajos "clásicos" sobre el tema, como los de Domínguez y Frankel (1993) o Lewis (1995). Sobre los signos esperados de la regresión véase Echavarría, Vásquez y Villamizar (2008).

52 En el cálculo se excluyó el error, con lo cual se corrige la propuesta de Echavarría, Vásquez y Villamizar (2008).

la columna 2 se excluye el riesgo ( $\rho$ ) de las ecuaciones y en la columna 3 se excluye también la variable  $\pi_t - \pi_t^e$ .

Las estimaciones se hacen con información hasta agosto 12 del 2008, se utiliza como medida de inflación el diferencial entre la inflación y las expectativas reveladas por las encuestas, y la variable  $\widehat{I}_{t-1}^c$  usada se calculó como se señala en el Cuadro 3 excluyendo las *dummies* y las *dummies* multiplicativas. Las tres decisiones se adoptaron para que los resultados fuesen comparables con los de Kamil (2008)<sup>53</sup>. Las variables se estimaron en niveles por ser I(0) en todos los casos (Apéndice 1).

En el proceso de estimación por máxima verosimilitud, tanto de la ecuación de media como de la de volatilidad, se hace la corrección de los errores estándar —por heteroscedasticidad y mala especificación— usando la metodología Newey-West y por autocorrelación con una media móvil de orden 5 de los residuales, respectivamente. En cuanto al supuesto distribucional de los errores, en el ejercicio a un día se supone una distribución *t* de *student* cuyos grados de libertad fueron estimados directamente en un valor cercano a 4,4. Esto implica, según Campbell, Lo y MacKinlay (1997, p. 489), un cuarto momento de dicha distribución tendiente a infinito y, por lo tanto, con más masa de probabilidad en las colas que la distribución normal. El error estándar estimado y corregido para este parámetro de grados de libertad es 0,26, el cual resulta estadísticamente significativo.

Los resultados para la ecuación (5), consignados en la columna 1, son satisfactorios. El coeficiente de 2,59 para la variable  $\ln\left(\frac{1+i_t}{1+i_t^*}\right)$  (significativo al 1%) indica que la ecuación de paridad no cubierta es válida y las intervenciones cambiarias ( $\widehat{I}_{t-1}^c$ ),  $\pi_t - \pi_t^e$  y  $\rho_{país,t}$  resultan significativas al 1% y con el signo negativo esperado<sup>54</sup>.

Los resultados para la ecuación de volatilidad sugieren que el incremento en las tasas de interés y la información no esperada sobre inflación ( $\pi_t - \pi_t^e$ ) aumentan la

53 Además, los resultados del Cuadro 3 son relativamente similares para las tres definiciones de inflación empleadas y también cuando se incluyen o excluyen las *dummies* y sus efectos multiplicativos.

54 Parecería adecuado entender el impacto cuantitativo de las distintas variables y, en particular, el impacto de la intervención. Kamil (2008) encuentra que en el período 2004-2006 una intervención de \$130 millones eleva la tasa de cambio 1%. No obstante, el modelo EGARCH utilizado es altamente no lineal y modela el logaritmo natural de la volatilidad condicional de la devaluación y no su nivel. Por esta razón, resulta difícil derivar elasticidades o semielasticidades.

volatilidad, mientras que las intervenciones cambiarias la reducen. La variable riesgo ( $\rho$ ) aparece con el signo positivo esperado, pero no resulta significativa (aunque si resulta significativa para otros horizontes de maduración, como se menciona más adelante).

La ecuación de media resulta relativamente similar cuando se excluye la variable  $\rho$  en la columna 2 o las variables  $\rho$  y  $\pi_t - \pi_t^e$  en la columna 3. Los signos de las variables incluidas son los esperados y el nivel de significancia permanece alto<sup>55</sup>. También resultan relativamente robustos los signos y el nivel de significancia de las distintas variables en la ecuación de volatilidad cuando se excluye la variable  $\rho$ , aún cuando  $I_{t-1}^c$  deja de ser significativa en la columna 3 cuando se excluyen  $\rho$  y  $\pi_t - \pi_t^e$ . Se repitió la estimación considerando las primeras diferencias en el EMBI, con resultados muy pobres<sup>56</sup>.

$$e_t^{t+k} - e_t = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right) - \beta_2 \rho_{pais,t} - \beta_3 \widehat{I}_{t-1}^c - \beta_4 (\pi_t - \pi_{t-1}) + \mu_t$$

$$\log \sigma_t = c + a \frac{|\mu_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}}} + b \log \sigma_{t-1} + d \frac{\mu_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}}} \pm \gamma_1 \ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right) + \gamma_2 \rho_t \pm \gamma_3 \widehat{I}_{t-1}^c + \gamma_4 (\pi_t - \pi_t^e) + \nu_t$$

¿Cuántos días/meses dura el impacto positivo de la intervención? Como se señaló antes (página 49), la mayoría de estudios sugieren que el impacto de la intervención dura unos pocos días, aunque el trabajo de Kim (2003) indica lo contrario. Además, eliminar una burbuja especulativa puede significar que la intervención tiene efectos duraderos. El Cuadro 5 reproduce en la primera columna los resultados de la columna 1 del Cuadro 4 y en las siguientes considera horizontes mayores a un día: un mes, tres meses, seis meses y un año.

55 Sin embargo, el coeficiente de la variable  $\ln\left(\frac{1+i_t}{1+i_t^*}\right)$  se reduce de 2,59 a 1,19 y 1,14, respectivamente, y su nivel de significancia cambia de 1% a 5%.

56 Los resultados para la ecuación de media continúan siendo satisfactorios para las variables  $\ln\left(\frac{1+i_t}{1+i_t^*}\right)$  e inflación (signos esperados y coeficientes significativos), el coeficiente de  $\widehat{I}_{t-1}^c$  aparece con el signo esperado, pero no resulta significativo y la variable  $\Delta EMBI$  resulta con el signo contrario al esperado y su coeficiente es significativo. Los coeficientes de la ecuación de volatilidad si aparecen con el signo esperado y son significativos en todos los casos.

Nuevamente, en la estimación por máxima verosimilitud de los parámetros de la ecuación de media y de volatilidad para cada uno de los horizontes de vencimiento considerados, se lleva a cabo la corrección de los errores estándar —por heteroscedasticidad y mala especificación— usando la metodología Newey-West y por autocorrelación con una media móvil de orden 1, 4, 4 y 4 de los residuales, respectivamente. La estimación por máxima verosimilitud se hizo bajo el supuesto de distribución generalizada de errores (GED)<sup>57</sup>. La estimación del parámetro de forma de esta distribución, junto con el resto de coeficientes, arrojó valores menores a 2 (0,69; 0,30; 0,36 y 0,14; respectivamente). Siguiendo a Nelson (1991), estos resultados señalan que las distribuciones de los residuales son de colas más anchas que la distribución normal. Los errores estándar corregidos asociados fueron de 0,055; 0,024; 0,037 y 0,018; resultando estadísticamente significativos.

De especial relevancia, la variable  $\widehat{I}_{t-1}^c$  resulta con el signo esperado y significativa al 1% en la ecuación de media para todos los horizontes excepto un año (signo positivo, no significativa) y en la ecuación de volatilidad tiene signo negativo (reduce la volatilidad) en todos los casos y resulta significativa para todos los horizontes excepto un mes (signo negativo, no significativa).

Los demás resultados en la ecuación de media también parecen robustos para los distintos plazos: las sorpresas inflacionarias y el riesgo devaluán la tasa de cambio spot (signo negativo) y las mayores tasas de interés la revalúan (signo positivo), con coeficientes significativos al 5% como mínimo en todos los casos<sup>58</sup>. Además, resultan relativamente robustos y satisfactorios los coeficientes de las variables en la ecuación de volatilidad: los incrementos en la tasa de interés y en la inflación elevan la volatilidad para todos los plazos (excepto para un año en el caso de las tasas de interés, con un coeficiente no significativo) y sólo para el riesgo se presentan resultados inconsistentes según el período.

57 En síntesis, se trabajó con una distribución “*t*” de *student* para los cálculos a un día (cuadros 4 y 5) y con una distribución generalizada de errores (GED) en los demás casos. Nelson (1991) muestra que tanto la distribución normal como la misma distribución *t* y otras distribuciones corresponden a casos especiales de la distribución GED, dependiendo del valor que adopte el parámetro de forma asociado a dicha distribución. Con la distribución GED utilizada se obtuvieron resultados más intuitivos y robustos para las estimaciones que al suponer una distribución *t* de *student*.

58 Aún cuando se presentan cambios importantes en el valor del coeficiente para las tasas de interés: 2,59 a un día y 0,14-0,16 a seis meses y un año.

**Cuadro 4**  
Impacto de las Intervenciones Cambiarias sobre la Tasa de Cambio, Plazo de 1 día  
(Abril 1 de 1999 – Agosto 12 de 2008), variable dependiente:  $e_t^{t+k} - e_t$

	(1)	(2)	(3)
<b>Ecuación de Media</b>			
Constante	-3.7E-04 (-8.2***)	-2.3E-04 (-1,316.6***)	-2.2E-04 (-55.7***)
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$	2.59 (5.3)***	1.19 (2.2)**	1.14 (2.2)**
$\hat{i}_{t-1}$	-6.1E-06 (-2.4***)	-5.0E-06 (-83.8***)	-6.0E-06 (-1,043.0***)
$\pi - \pi^e$	-3.7E-04 (-8.8***)	-4.4E-04 (-5.9***)	
$\rho$	-2.88 (-304.0***)		
<b>Ecuación de Volatilidad</b>			
C	-0.80 (-305.7***)	-0.84 (-92.2***)	-0.67 (-78.0***)
A	0.42 (72.0)***	0.42 (32.5)***	0.43 (34.9)***
B	0.95 (3,535.5)***	0.95 (1,168.2)***	0.97 (1,235.3)***
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$	64.54 (2.6)***	153.35 (2.7)***	110.23 (2.0)**
$\hat{i}_{t-1}$	-3.8E-03 (-8.3***)	-3.6E-03 (-3.2***)	-1.3E-03 (-1.2)
$\pi - \pi^e$	0.04 (3.8)***	0.05 (3.8)***	
$\rho$	95.41 (1.1)		
No.Obs	1,601	1,601	1,601
Log Likelihood	6,602	6,593	6,580

\*\*\*, \*\*, \*: significativo al 1%, 5% y 10%, respectivamente.  
Se eliminó la información para los días en que no hubo transacciones.  
Se corrigieron los errores estándar por heteroscedasticidad y mala especificación, utilizando la metodología Newey-West, y por autocorrelación incorporando una media móvil de orden 5 de los residuales.  
Se supuso una distribución t de student cuyos grados de libertad fueron estimados directamente en un valor cercano a 4.4.

**Cuadro 5**  
**Impacto de las Intervenciones Cambiarias sobre la Tasa de Cambio, Diferentes Plazos,**  
**(Abril 1 de 1999 – Agosto 12 de 2008), variable dependiente:  $e_t^{t+k} - e_t$**

	1 día	1 mes	3 meses	6 meses	1 año
<b>Ecuación de Media</b>					
Constante	-3.7E-04 (-8.2***)	-5.8E-03 (-974.6***)	-2.0E-02 (-865.6***)	-1.3E-02 (-8.2***)	-1.4E-02 (-26.3***)
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$	2.59 (5.3)***	0.22 (316.5)***	1.14 (903.0)***	0.16 (3.3)***	0.14 (17.1)***
$\hat{e}_{t-1}$	-6.1E-06 (-2.4***)	-2.0E-05 (-87.4***)	-1.6E-05 (-465.4***)	-6.5E-05 (-56.3***)	2.1E-05 (0.6)
$\pi - \pi^e$	-3.7E-04 (-8.8***)	-3.3E-03 (-532.9***)	-2.8E-02 (-4,506.8***)	-1.1E-02 (-48.6***)	-6.2E-02 (-59.7***)
$\rho$	-2.88 (-304.0***)	-0.14 (-156.6***)	-0.22 (-66.7***)	-1.13 (-5.0***)	-1.18 (-14.1***)
<b>Ecuación de Volatilidad</b>					
c	-0.80 (-305.7***)	-2.50 (-5.8***)	-2.95 (-17.1***)	-1.50 (-5.9***)	-3.52 (-439.8***)
a	0.42 (72.0)***	1.04 (7.8)***	1.27 (25.9)***	0.87 (7.7)***	1.59 (28.8)***
b	0.95 (3,535.5)***	0.82 (22.1)***	0.77 (40.0)***	0.88 (40.3)***	0.70 (275.3)***
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$	64.54 (2.6)***	26.28 (1.7)*	-5.66 (-98.2***)	-6.68 (-2.7***)	-0.25 (-0.4)
$\hat{e}_{t-1}$	-3.8E-03 (-8.3***)	-6.0E-03 (-1.3)	-1.5E-03 (-2.6***)	-2.8E-03 (-1.9**)	-9.2E-03 (-12.8**)
$\pi - \pi^e$	0.04 (3.8)***	0.17 (3.1)***	0.09 (11.0)***	0.09 (2.5)***	0.11 (2.3)***
$\rho$	95.41 (1.1)	41.83 (1.7)*	33.24 (4.6)***	-2.52 (-0.4)	-0.44 (-0.2)
No.Obs	1,601	1,185	1,636	1,203	987
Log Likelihood	6,602	3,155	3,825	2,284	1,567

\*\*\*, \*\*, \*: significativo al 1%, 5% y 10%, respectivamente. Se eliminó la información para los días en que no hubo transacciones. Se corrigieron los errores estándar por heteroscedasticidad y mala especificación, utilizando la metodología Newey-West, y por autocorrelación incorporando una media móvil de orden 5, 1, 4, 4 y 4 de los residuales, respectivamente. Para el período de maduración de 1 día se supuso una distribución t de student (con 4.4 grados de libertad estimados), y para los demás períodos se supuso una distribución generalizada de errores (GED) con parámetros de forma estimados 0.69, 0.30, 0.36 y 0.14, respectivamente.

$$e_t^{e,t+k} - e_t = \beta_o + \beta_1 \ln \left( \frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*} \right) - \beta_2 \rho_{pais,t} - \beta_3 \widehat{I_{t-1}^c} - \beta_4 (\pi_t - \pi_{t-1}^e) + \mu_t$$

$$\log \sigma_t = c + a \frac{|\mu_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}}} + b \log \sigma_{t-1} + d \frac{\mu_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}}} \pm \gamma_1 \ln \left( \frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*} \right) + \gamma_2 \rho_t \pm \gamma_3 \widehat{I_{t-1}^c} + \gamma_4 (\pi_t - \pi_t^e) + \nu_t$$

### C. ESTABILIDAD DE LOS COEFICIENTES

El efecto de las intervenciones cambiarias sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio depende potencialmente del tipo de intervención, de la credibilidad del Banco Central y de las características del mercado cambiario (sección III.A). Con base en este tipo de argumentos, Kamil (2008) plantea —y encuentra empíricamente— que en Colombia las intervenciones del Banco de la República de Colombia fueron relativamente exitosas antes de marzo del 2006, aún cuando tuvieron poco impacto en los meses subsiguientes a enero del 2007: en el período inicial la devaluación de la tasa de cambio jugó un papel reactivador complementario al de la tasa de interés, mientras que en el segundo período las intervenciones fueron inconsistentes con los incrementos en las tasas de interés tendientes a enfriar una economía que comenzaba a sobrecalentarse (ver sección II.A.2.b). Este tipo de consideraciones quizá llevaron a que la *Junta* interviniera de manera menos agresiva en los períodos 6 y 7 (Gráfico 1). Kamil (2008) fundamenta su conclusión en la comparación de los coeficientes estimados en dos períodos, septiembre 2004- marzo del 2006 y enero del 2007- abril del 2007, y muestra que la significancia de la intervención desaparece en el segundo período<sup>59</sup>.

En este trabajo cuenta con información más reciente (las estimaciones de la sección anterior se obtienen con datos hasta agosto del 2008) y en esta sección se emplea una metodología que permite analizar con mayor rigor si en efecto se presentó (o no) un cambio estructural en los coeficientes de la ecuación de media y/o de la ecuación de volatilidad. El Cuadro 6 presenta las conclusiones que se desprenden de aplicar las tres pruebas consideradas en el apéndice (Ver cuadros 1.1-1.5) para establecer si existió (o no) un cambio significativo en el impacto de la variable  $I^c$  sobre la media y volatilidad de  $e_t^{e,t+k} - e_t$ . Se presentan los resultados de los contrastes de estabilidad con las siguientes estadísticas: i) suprema LM (Andrews, 1993); ii)  $L_c$  (Nyblom, 1989) y iii)  $L_w$  (Hansen, 1990). La estadística suprema  $L_M$  permite capturar de manera

<sup>59</sup> Los signos son opuestos a los de este trabajo pues el autor utiliza  $e_t - e_{t-k}$  como variable dependiente. Véase nota de pie 51.

endógena el momento del cambio estructural, pero depende del estimador de la matriz de varianzas y covarianzas del modelo. La estadística  $L_c$  permite independizar el resultado de la estadística de la estimación de dicha matriz, aún cuando no reconoce el momento del quiebre, y supone que el riesgo de inestabilidad en parámetros es constante. Finalmente, la estadística  $L_w$  no requiere suponer que el riesgo de cambio estructural es constante y, por lo tanto, es superior a la estadística  $L_c$  cuando la inestabilidad en los parámetros ocurre hacia el comienzo o el final de la muestra (ponderando más duramente estos tramos de la muestra y elevando, en consecuencia, la probabilidad de detectar la variabilidad en parámetros).

Los resultados del panel superior del Cuadro 6 (ecuación de media) se basan en el Cuadro 2.1 del Apéndice 2 y sugieren que no se presentó un cambio estructural en el impacto de las intervenciones sobre la tasa de cambio a un día —el plazo utilizado por Kamil (2008)— pues no se encuentra evidencia de cambio estructural con ninguna de las tres estadísticas de prueba. El valor de la estadística Sup LM a un día es 5,55 en la fila 3, menor al valor crítico de 22,36 tabulado al 5% para la distribución Chi cuadrado. El valor de la estadística  $L_c$  en este caso es 0,06 (inferior al valor crítico de 0,47) y también es inferior para la estadística  $L_w$  (1,05 vs. 2,48).

Tampoco parece haberse presentado un cambio estructural a un mes ya que el cambio que sugiere la prueba suprema LM no aparece corroborado por las otras dos. El valor de la estadística Sup LM a un día es 27,04, mayor al valor crítico (22,36). El valor de la estadística  $L_c$  en este caso es 0,11; inferior al valor crítico (0,47). Lo mismo sucede para la estadística  $L_w$  (1,46 vs. 2,48).

Tampoco hay evidencia de cambio estructural en el 2007 y el 2008 (período de supuesta contradicción macro) para horizontes a tres meses, seis meses o un año. En caso de haber cambio estructural, la estadística suprema LM sugiere que éste habría ocurrido en el 2003 y el 2002 ( $\pi=0,44$  y  $0,31$ , respectivamente, que corresponden a valores hacia la parte media baja de la muestra). Sin embargo, la estadística  $L_c$  —aplicable en este caso pues el cambio ocurre hacia la parte media baja de la muestra— señala que no existió cambio estructural. A un horizonte de un año no hay quiebre estructural en el impacto de las intervenciones sobre la tasa de cambio, excepto para la estadística  $L_w$ , y debe recordarse que el coeficiente de  $\hat{I}^c$  no resultó significativo para ese horizonte en el Cuadro 5.

En relación con la capacidad que tiene la intervención de reducir la volatilidad (parte inferior del Cuadro 6), las tres pruebas de estabilidad sugieren que no hubo cambio

estructural a un día: el valor de la estadística Sup LM a un día es 9,86; menor al valor crítico (22,36). El valor de la estadística  $L_c$  es 0,16; inferior al valor crítico (0,47). Lo mismo sucede para la estadística  $L_w$  (1,98 vs. 2,48).

A un mes habría alguna evidencia de cambio estructural con base en la estadística  $L_w$ , pero no es posible identificar el momento en el que ocurre ya que no hay cambio según las pruebas Sup LM y  $L_c$ . Sí parece haber evidencia de cambio estructural en volatilidad para el 2007 y el 2008 cuando se consideran horizontes de tres meses, seis meses y un año —como se desprende de los resultados de dos de las tres pruebas en cada caso—, aún cuando el quiebre ocurre en el 2004 (seis meses) y en el 2001 (un año); sólo para tres meses podría haber evidencia de un quiebre en el impacto sobre la volatilidad hacia el final de la muestra, como sugiere Kamil (2008).

En síntesis, no existe evidencia de cambio estructural en los coeficientes estimados de la ecuación de media a un horizonte de un día (el período considerado por Kamil), un mes o un año. No existió cambio estructural a tres y a seis meses en los períodos 5, 6 o 7 del Gráfico 1 y si hubiera alguna evidencia de cambio estructural sería en la mitad de la muestra. De ser así, las diferencias importantes no se presentarían entre períodos para una misma modalidad de intervención, sino entre las compras de reservas vía opciones y las compras discrecionales (Gráfico 1)<sup>60</sup>.

No hay evidencia de cambio estructural en volatilidad a un día y es débil la evidencia de quiebre hacia el final de la muestra. Lo anterior sugeriría que en los pocos casos en que hubo quiebre éste se presentó hacia el 2004, una vez más como consecuencia del cambio en la estrategia de intervención desde opciones a intervenciones discrecionales. No se presentó un quiebre hacia el final de la muestra cuando existieron probables contradicciones macroeconómicas.

¿Cómo explicar que las compras de divisas hubieran tenido un impacto relativamente estable, aún cuando se presentaron fuertes restricciones macroeconómicamente similares en los períodos 5-7 (Gráfico 1)? Una posibilidad es que las contradicciones entre la política macro y las intervenciones no fueron suficientemente agudas para producir cambios en el impacto de la intervención. Otra posibilidad guarda relación

---

60 En este mismo sentido, algunos trabajos para México encuentran un impacto reducido de las intervenciones vía opciones (Werner, 1997).

con la importancia relativa de los distintos canales. Finalmente, es posible que otras variables hayan reforzado el impacto de la intervención.

En cuanto a la importancia relativa de los distintos canales, se mencionó en la sección III.A que las intervenciones afectan la tasa de cambio a través de sus efectos sobre el portafolio de los agentes, a través de señales sobre la política monetaria futura, sobre posibles burbujas. Pero las restricciones macroeconómicas sólo juegan un papel importante para el canal relacionado con la política monetaria futura. El canal de portafolio y los anuncios de burbujas operan con la misma fuerza con y sin restricciones macroeconómicas y podría ser que estos últimos dos canales hayan sido importantes en el período completo.

Finalmente, otras variables podrían haber reforzado el impacto de la intervención. Se mencionó en la sección III.A.1 que éste puede crecer cuando existe una gran incertidumbre del mercado sobre el impacto de las variables fundamentales o de los eventos recientes, cuando la tasa de cambio se encuentra desalineada con respecto al nivel de equilibrio o cuando existen controles de capital o límites al apalancamiento en dólares de las entidades financieras. Como se mencionó arriba, Vásquez (2008) encuentra que la volatilidad de la tasa de cambio fue especialmente pronunciada durante el 2008 (períodos 5 y 6) y en los meses finales del 2007; además, en mayo del 2007 se adoptaron medidas adicionales para evitar el recalentamiento de la economía y el ingreso de capitales de corto plazo (ver página 23).

#### Cuadro 6

¿Existió un Cambio Estructural en el Impacto de  $\hat{f}_t$  sobre  $e_t^{t+k} - e_t$  ?

Media					
Prueba	a un día	a un mes	a 3 meses	a 6 meses	a un año
Sup LM	NO HAY	4-abr-07	19-sep-03	9-ago-02	NO HAY
$L_c$	NO HAY	NO HAY	NO HAY	NO HAY	NO HAY
$L_w$	NO HAY	NO HAY	SI HAY	SI HAY	SI HAY

Volatilidad					
Prueba	a un día	a un mes	a 3 meses	a 6 meses	a un año
Sup LM	NO HAY	NO HAY	10-feb-06	14-may-04	17-sep-01
$L_c$	NO HAY	NO HAY	NO HAY	NO HAY	NO HAY
$L_w$	NO HAY	SI HAY	SI HAY	SI HAY	SI HAY

Sup LM,  $L_c$ ,  $L_w$ : estadísticas de prueba tipo Multiplicador de Lagrange, propuestas por Andrews (1993), Nyblom (1989), y Hansen (1990), respectivamente.

#### IV. CONCLUSIONES

Entre el 2000 y el 2008 se compraron más de 18 mm de dólares (un monto no muy lejano al nivel actual de reservas de Colombia), bajo diferentes modalidades (opciones y compras directas) y con cambios importantes en intensidad. Las autoridades compraron divisas para compensar “condiciones desordenadas” y para corregir tendencias “excesivas”, cuando se redujo la presión inflacionaria y cuando el Banco Central tuvo una posición acreedora neta. La posible contradicción macroeconómica entre la política monetaria y la política de intervención no parece haber afectado la función de reacción de las autoridades: se incrementó la sensibilidad frente a las variaciones de la tasa de cambio, pero no frente a la inflación frente a la posición neta del Banco Central.

El nivel de la tasa de cambio se elevó cuando las tasas de interés fueron bajas, cuando la inflación y el riesgo país fueron altos y cuando el Banco Central compró divisas en el mercado. La inflación, las tasas de interés y el riesgo (signo correcto, no significativo) incrementaron la volatilidad de la tasa de cambio, mientras que las intervenciones cambiarias la redujeron. Los efectos de la intervención sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio perduraron, con resultados relativamente consistentes para horizontes para un día, un mes, un trimestre y un semestre.

Los resultados del trabajo no coinciden con los de Kamil (2008) —o con las intuiciones de la *Junta*— en cuanto al menor impacto que deberían tener las compras de divisas en un contexto macroeconómico desfavorable a la intervención. No existió un cambio estructural en la ecuación de media ni de volatilidad a un día (el período considerado por Kamil) o a un mes y, si hubo cambio estructural a tres y a seis meses, éste ocurrió en el 2004 cuando se modificó la modalidad de compras desde opciones hacia compras directas.

Las contradicciones entre la política macro y las intervenciones pudieron no haber sido lo suficientemente agudas, o las señales sobre burbujas y los canales de portafolio —los cuales no se ven afectados por las contradicciones macro— pudieron haber jugado un papel importante. Por último, otras variables como la incertidumbre, los controles de capital o los límites al apalancamiento pudieron haber reforzado el impacto de la intervención al final del período.

## REFERENCIAS

1. Almekinders, G. J.; Eijffinger, S. C. “Daily Bundesbank and Federal Reserve Intervention and the Conditional Variance Tale in DM/\$-Returns”, documento de análisis, no. 438, International Finance Discussion Papers, Federal Reserve System, 1992.
2. Andrews, D. “Test for Parameter Instability and Structural Change with Unknown Change Point”, *Econometrica*, vol. 61, no. 4, The Econometric Society, pp. 821-856, 1993.
3. Baillie, R. T.; Bollerslev, T.; Mikkelsen, H. O. “Modeling and Pricing Long Memory in Stock Market Volatility”, *Journal of Econometrics*, vol. 73, no.1, Elsevier, pp. 151-184, 1996.
4. Baillie, R. T.; Osterberg, W. P. “Why do Central Banks Intervene?”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 16, no. 6, Elsevier, pp. 909-919, 1997.
5. Banco de la República de Colombia “Análisis del nivel adecuado de reservas internacionales”, Reportes del Emisor, número especial, Bogotá, Banco de la República de Colombia, 2003.
6. Beine, M.; Bernal, O. “Why Do Central Banks Intervene Secretly? Preliminary Evidence from the Bank of Japan”, *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 17, no. 3, Elsevier, pp. 291-306, 2005.
7. Bernanke, B.; Mishkin, F. S. “Central Bank Behavior and the Strategy of Monetary Policy: Observations from Six Industrialized Countries”, en F. S. Mishkin (ed.), *Monetary Policy Strategy*, MIT Press, pp. 165-206, 2007.
8. Blundell-Wignall, A., Masson, P. R. “Exchange Rate Dynamics and Intervention Rules”, *International Monetary Fund Staff Papers*, vol. 32, no. 1, International Monetary Fund, pp. 132-159, 1985.
9. Bofinger, P. *Monetary Policy. Goals, Institutions, Strategies and Instruments*, Oxford, Oxford University Press, 2001.
10. Bollerslev, T.; Chou, R. Y.; Kroner, K. F. “ARCH Modelling in Finance: A Review of the Theory and Empirical Evidence”, *Journal of Econometrics*, vol. 52, no. 1-2, Elsevier, pp. 5-59, 1992.
11. Bonser-Neal, C.; Tanner, G. “Central Bank Intervention and the Volatility of Foreign Exchange Rates: Evidence from the Options Market”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 15, no. 6, Elsevier, pp. 853-878, 1996.
12. Calvo, G. A. “Fixed Versus Flexible Exchange Rates: Preliminaries of a Turn-of-Millennium Rematch”, Digital Repository at the University of Maryland, en 1999.
13. Calvo, G. A.; Reinhart, C. “Fear of Floating”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, no. 2, MIT Press, pp. 379-408, 2002.
14. Canales, J. I.; Guimaraes, R.; Karacadag, C. “Official Intervention in the Foreign Exchange Market: Elements of Best Practice”, documento de trabajo, no. WP/03/152, IMF Working Papers, International Monetary Fund, 2003.
15. Chang, Y.; Taylor, S. J. “Intraday Effects of Foreign Exchange Intervention by the Bank of Japan”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 17, no. 1, Elsevier, pp. 191-210, 1998.
16. Cheung, Y.-W.; Chinn M. D. “Macroeconomic Implications of the Beliefs and Behavior of Foreign Exchange Traders”, documento de trabajo, no. 7417, NBER Working Papers, National Bureau of Economic Research, 1999.
17. Cheung, Y.-W.; Wong, C. “A Survey of Market Practitioners’ Views on Exchange Rate Dynamics”, *Journal of International Economics*, vol. 51, no. 2, Elsevier, pp. 401-419, 2000.
18. Cutler, D. M.; Poterba, J. M.; Summers, L. H. “Speculative Dynamics and the Role of Feedback Traders”, *American Economic Review*, vol. 80, no. 2, American Economic Association, pp. 63-68, 1990.

19. Disyatat, P.; Galati, G. "The Effectiveness of Foreign Exchange Intervention in Emerging Market Countries: Evidence from the Czech Koruna", documento de trabajo, no. 172, BIS Working Papers, Bank for International Settlements, 2005.
20. Domac, I.; Mendoza, A. "Is There Room for Foreign Exchange Interventions under an Inflation Targeting Framework?", documento de trabajo, no. 3288, Policy Research Working Paper Series, The World Bank, 2004.
21. Domínguez, K. M. "Does Central Bank Intervention Increase the Volatility of Foreign Exchange Rates?", documento de trabajo, no. 4532, NBER Working Paper, National Bureau of Economic Research, 1993.
22. Domínguez, K. M. "Central Bank Intervention and Exchange Rate Volatility", *Journal of International Money and Finance*, vol. 17, no. 1, Elsevier, pp. 161-190, 1998.
23. Domínguez, K. M. "The Market Microstructure of Central Bank Intervention", *Journal of International Economics*, vol. 59, no. 1, Elsevier, pp. 25-45, 2003.
24. Domínguez, K. M.; Frankel, J. A. "Does Foreign Exchange Intervention Matter? The Portfolio Effect", *American Economic Review*, vol. 83, no. 5, American Economic Association, pp. 1356-1369, 1993.
25. Domínguez, K. M.; Frankel, J. A. "Does Foreign Exchange Intervention Work?", *Institute for International Economics*, 1993.
26. Domowitz, I.; Hakkio, C. S. "Conditional Variance and the Risk Premium in the Foreign Exchange Market", *Journal of International Economics*, vol. 19, no. 1-2, Elsevier, pp. 47-66, 1985.
27. Dornbusch, R. "Expectations and Exchange Rate Dynamics", *Journal of Political Economy*, vol. 84, no. 6, University of Chicago Press, pp. 1161-1176, 1976.
28. Echavarría, J. J.; López, E.; Misas, M. "Intervenciones cambiarias e inflación", mimeo, 2009.
29. Echavarría, J. J.; Vásquez, D.; Villamizar, M. "Expectativas, tasa de interés y tasa de cambio: paridad cubierta y no cubierta en Colombia 2000-2007", *Ensayos Sobre Política Económica*, vol. 26, no. 56, Bogotá, Banco de la República de Colombia, pp. 150-204, 2008.
30. ----, (2009), "El Impacto de Diferentes Modalidades de Intervención sobre la Tasa de Cambio. Análisis de Eventos", (*mimeo*).
31. Edison, H. J. "The Effectiveness of Central-Bank Intervention: A Survey of the Literature after 1982", no. 18, *Special Papers in International Economics*, Princeton University, 1993.
32. Edwards, S. *Real Exchange Rates, Devaluation, and Adjustment. Exchange Rate Policy in Developing Countries*, MIT Press, 1991.
33. Edwards, S. "The Relationship between Exchange Rates and Inflation Targeting Revisited", documento de trabajo, no. 12163, NBER Working Papers, National Bureau of Economic Research, 2006.
34. Fatum, R.; Hutchison, M. "Is Intervention a Signal of Future Monetary Policy? Evidence from the Federal Funds Futures Market", *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 31, no. 1, Blackwell Publishing, pp. 54-69, 1999.
35. Fatum, R.; King, M. R. "Rules versus Discretion in Foreign Exchange Intervention: Evidence from Official Bank of Canada High-Frequency Data", documento de trabajo, no. 1047, Working Paper Series, Santa Cruz Center for International Economics, 2005.
36. Flood, R. P.; Garber, P. "The Linkage Between Speculative Attack and Target Zone Models of Exchange Rates", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, no. 4, MIT Press, pp. 1367-1372, 1991.
37. Guimaraes, R.; Karacadag, C. "The Empirics of Foreign Exchange Intervention in Emerging Market Countries: The Case of Mexico and Turkey", documento de trabajo, no. WP/04/123, IMF Working Papers, International Monetary Fund, 2004.

38. Hansen, B., "Lagrange Multiplier Tests for Parameter Instability in Non-Linear Models", documento presentado en el VI congreso mundial de la Econometric Society, 1990.
39. Harvey, A. C. "Long Memory in Stochastic Volatility", en J. L. Knight y S. Satchell (eds.), *Forecasting Volatility in the Financial Markets*, Butterworth Heinemann, pp. 307-320, 2010.
40. Hufner, F. *Foreign Exchange Intervention as a Monetary Policy Instrument. Evidence for Inflation Targeting Countries*, primera edición, Physica-Verlag HD, 2004.
41. Humpage, O. F. "Central Bank Intervention: Recent Literature. Continuing Controversy", *Economic Review*, vol. 27, no. 2, Federal Reserve Bank of Cleveland, pp. 12-26, 1991.
42. Humpage, O. F. "U.S. Intervention: Assessing the Probability of Success", documento de trabajo, no. 9608, Working Paper, Federal Reserve Bank of Cleveland, 1996.
43. Hutchison, M. "The Role of Sterilized Intervention in Exchange Rate Stabilization Policy", mimeo, 2002.
44. Junguito, R.; Vargas, H. "Independencia de los Bancos Centrales y Políticas Cambiarias en América Latina", en E. Aguirre, R. Junguito y G. Miller (eds.), *La Banca Central en América Latina: aspectos económicos y jurídicos*, Bogotá, Tercer Mundo Editores, pp. 281-332, 1997.
45. Kamil, H. "Is Central Bank Intervention Effective Under Inflation Targeting Regimes? The Case of Colombia", documento de trabajo, no. WP/08/88, IMF Working Papers, International Monetary Fund, 2008.
46. Kaminsky, G.; Lewis, K. K. "Does Foreign Exchange Intervention Signal Future Monetary Policy", documento de trabajo, no. 4298, NBER Working Papers, National Bureau of Economic Research, 2008.
47. Kearns, J.; Rigobón, R. "Identifying the Efficacy of Central Bank Interventions: Evidence from Australia and Japan", *Journal of International Economics*, vol. 66, no. 1, Elsevier, pp. 31-48, 2005.
48. Kim, S. "Monetary Policy, Foreign Exchange Intervention, and the Exchange Rate in a Unifying Framework", *Journal of International Economics*, vol. 60, no. 2, Elsevier, pp. 355-386, 2003.
49. Krugman, P. R. "Target Zones and Exchange Rate Dynamics", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, no. 3, MIT Press, pp. 669-682, 1991.
50. Lecourt, C.; Raymond, H. "Central Bank Interventions in Industrialized Countries: A Characterization Based on Survey Results", *International Journal of Finance and Economics*, vol. 11, no. 2, John Wiley & Sons, pp. 123-138, 2006.
51. Levy-Yeyati, E.; Sturzenegger, F. "Fear of Appreciation", documento de trabajo, no. 4387, Policy Research Working Paper Series, The World Bank, 2007.
52. Lewis, K. K. "Are Foreign Exchange Intervention and Monetary Policy Related and Does It Really Matter", *Journal of Business*, vol. 68, no. 2, University of Chicago Press, 1995.
53. Mandeng, O. "Central Bank Foreign Exchange Market Intervention and Option Contract Specification: The Case of Colombia", documento de trabajo, no. WP/03/135, IMF Working Papers, International Monetary Fund, 2003.
54. Mihalke, D., "Survey of Central Banks' Views on Effects of Intervention", no. 24-06, BIS Papers chapters, Bank for International Settlements, 2005.
55. Mishkin, F. S.; Savastano, M. "Monetary Policy Strategies for Latin America", *Journal Of Development Economics*, vol. 66, no. 2, Elsevier, pp. 415-444, 2001.
56. Mishkin, F. S.; Schmidt-Hebbel, K. "One Decade Of Inflation Targeting In The World: What Do We Know And What Do We Need to Know?", en N. Loayza y R. Soto (eds.), *Inflation Targeting: Design, Performance, Challenges*, Banco Central de Chile, 2002.

57. Mussa, M. "Empirical Regularities in the Behavior of Exchange Rates and Theories of the Foreign Exchange Market", en K. Brunner y A. H. Meltzer, *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier, pp. 9-57, 1979.
58. Neely, C. J. "The Practice of Central Bank Intervention: Looking Under The Hood", *The Regional Economist*, Federal Reserve Bank of St Louis, pp. 1-10, 2001.
59. Neely, C. J. "The Temporal Pattern of Trading Rule Returns and Exchange Rate Intervention: Intervention Does Not Generate Technical Trading Profits", *Journal of International Economics*, vol. 58, no. 1, Elsevier, pp. 211-232, 2002.
60. Neely, C. J. "An Analysis of Recent Studies of the Effect of Foreign Exchange Intervention", documento de trabajo, no. 2005-030, Working Papers, Federal Reserve Bank of St. Louis Review, 2005.
61. Neely, C. J. "Central Bank Authorities' Beliefs about Foreign Exchange Intervention", documento de trabajo, no. 2006-045, Working Papers, Federal Reserve Bank of St. Louis, 2006
62. Nelson, D. B. "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach", *Econometrica*, vol. 59, no. 2, The Econometric Society, pp. 347-370, 1991.
63. Nyblom, J. "Testing for the Constancy of Parameters Over Time", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 84, no. 405, American Statistical Association, pp. 223-230, 1989.
64. Obstfeld, M., "Currency Crises", *Cahiers Economiques et Monetaires*, vol. 43, no. 2, Banco de Francia, pp. 189-213, 1994.
65. Ramírez, J. M. "Foreign Exchange Market Intervention through Options: the Case of Colombia", documento presentado durante el congreso sobre Aspectos Prácticos de las Metas Inflacionarias realizado por el Banco Nacional de la República Checa, 2004.
66. Rigobón, R., "Exchange Rate Volatility", en S. N. Durlauf y L. E. Blume (eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Palgrave Macmillan, 2008.
67. Sarno, L.; Taylor, M. P. "Official Intervention in the Foreign Exchange Market: Is It Effective and, If So, How Does It Work?", *Journal of Economic Literature*, vol. 39, no. 3, American Economic Association, pp. 839-868, 2001.
68. Schwartz, A. J. "The Rise and Fall of Foreign Exchange Market Intervention", *Journal of Financial Services Research*, vol. 18, no. 2, Springer, pp. 319-339, 2000.
69. Takagi, S. "Foreign Exchange Market Intervention and Domestic Monetary Control in Japan, 1973-89", documento de trabajo, no. WP/89/101, IMF Working Papers, International Monetary Fund, 1989.
70. Tapia, M.; Tokman, A. "Effects of Foreign Exchange Intervention Under Public Information: The Chilean Case", documento de trabajo, no. 255, Working Papers Central Bank of Chile, Banco Central de Chile, 2004.
71. Taylor, J. B. "The Role of the Exchange Rate in Monetary-Policy Rules", *American Economic Review*, vol. 91, no. 2, American Economic Association, pp. 263-267, 2001.
72. Taylor, M. P. "Is Official Exchange Rate Intervention Effective?", *Economica*, vol. 71, falta el lugar de publicación, London School of Economics and Political Science, pp. 1-11, 2004.
73. Toro, J.; Julio, J. M. "The Effectiveness of Discretionary Intervention by the Banco de la Republica on the Foreign Exchange Market", mimeo, 2006.
74. Truman, E. M. "The Limits of Exchange Rate Intervention", en F. Bergsten, J. Williamson (eds.), *Dollar Overvaluation and the World Economy*, Peterson Institute, pp. 247-265, 2003.
75. Uribe, J. D.; Toro, J. "Foreign Exchange Market Intervention in Colombia", en *Foreign Exchange Market Intervention in Emerging Markets: Motives, Techniques and Implications*, BIS Papers, no. 24, Bank for International Settlements, pp. 139-149, 2005.

76. Vásquez, D. “Procedimiento para prueba de raíz unitaria en presencia de tendencias determinísticas de Schmidt y Phillips para el software RATS”, (*mimeo*), 1997.
77. -----, (2008) “La Volatilidad de la Tasa de Cambio Nominal en Colombia para Tres Regímenes-Cambiaros: 1967-2008”, (*mimeo*).
78. Werner, A. M. “El efecto sobre el tipo de cambio y las tasas de interés de las intervenciones en el mercado cambiario y del proceso de esterilización”, documento de investigación, no. 9706, Banco de México, 1997.

## APÉNDICE 1 ESTACIONARIEDAD DE LAS VARIABLES<sup>1</sup>

Cuadro 1.1  
Nivel de Integración de las Variables

Variable	Orden polinomial ** (p)	Estadística *** $Z_{\tau}$	Valor Crítico al 5%	Resultado
$I_t^c$	2	-79,84	-3,52	I(0)
$\widehat{I}_t^c$	1	-7,38	-3,02	I(0)
$e_{t+1}-e_t$				
1 día	1	-128,44	-3,02	I(0)
1 mes	1	-43,06	-3,02	I(0)
1 trimestre	1	-20,56	-3,02	I(0)
1 semestre	1	-4,28	-3,02	I(0)
1 año	1	-5,93	-3,02	I(0)
$\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}$				
1 día	3	-10,83	-3,93	I(0)
1 mes	3	-11,08	-3,95	I(0)
1 trimestre	3	-11,60	-3,93	I(0)
1 semestre	3	-11,29	-3,95	I(0)
1 año	2	-6,03	-3,53	I(0)
Riesgo				
1 día	1	-22,92	-3,02	I(0)
1 mes	1	-14,84	-3,02	I(0)
1 trimestre	1	-13,43	-3,02	I(0)
1 semestre	1	-9,34	-3,02	I(0)
1 año	1	-3,77	-3,04	I(0)
$\pi-\pi^e$	1	-7,38	-3,02	I(0)
Dposneta	3	-36,66	-3,93	I(0)

$I_t^c$ : compras de divisas;  $\widehat{I}_t^c$ : compras de divisas estimadas en la ecuación Tobit estimada en la Sección II.B

$e$ : logaritmo de la tasa de cambio nominal;  $i$ ,  $i^*$ : tasa de interés nominal en Colombia y en los Estados Unidos; riesgo: calculado a partir de la ecuación de paridad no cubierta para diferentes períodos;  $\pi^e$ : inflación esperada.

\* Realizada mediante el procedimiento SPUNIT.SRC elaborado para el software RATS por Vásquez (1997); \*\* de la tendencia determinística bajo  $H_a$ ; \*\*\* Corrección semiparamétrica (por autocorrelación) de la estadística  $t$ .

1 Sobre la metodología utilizada véase Vásquez (1997).

APÉNDICE 2  
VALORES PARA LAS DIFERENTES PRUEBAS DE ESTABILIDAD  
(SUP LM,  $L_C$  Y  $L_W$ )

Cuadro 2.1  
Prueba de Estabilidad

1 día					
	Chi-sq (1;0.050) 22,36			$L_C$ (0.050) 0,47	$L_W$ (0.050) 2,48
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Parámetro	Sup LM	(pi)	p-value	LC	LW
<b>I. Media</b>					
<i>constante</i>	23,76	0,44	0,0000	0,31	6,88
$\ln\left(\frac{1+i_{i,t+k}}{1+i_{i,t+k}^*}\right)$	21,93	0,44	0,0000	0,42	7,73
$\hat{i}_{i,t-1}$	5,55	0,84	0,0190	0,06	1,05
$\pi - \pi^e$	8,99	0,37	0,0030	0,38	3,02
$\rho$	2,55	0,24	0,1100	0,06	0,30
<b>II. Volatilidad</b>					
<i>c</i>	22,43	0,73	0,0000	0,26	4,24
<i>a</i>	12,34	0,73	0,0000	0,19	2,53
<i>b</i>	23,16	0,73	0,0000	0,22	3,88
$\ln\left(\frac{1+i_{i,t+k}}{1+i_{i,t+k}^*}\right)$	10,39	0,73	0,0010	0,22	4,16
$\hat{i}_{i,t-1}$	9,86	0,72	0,0020	0,16	1,98
$\pi - \pi^e$	9,15	0,84	0,0020	0,59	4,11
$\rho$	4,74	0,84	0,0290	0,30	1,89

Cuadro 2.1  
Prueba de Estabilidad (continuación)

	1 mes				
	(1)	Chi-sq (1;0.050) 22.36	(3)	$L_c$ (0.050) 0.47	$L_w$ (0.050) 2.48
Parámetro	Sup LM	(pi)	p-value	LC	LW
<b>I. Media</b>					
<i>constante</i>	15.80	0.84	0.0000	0.36	3.46
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t+k}^*}\right)$	15.56	0.71	0.0000	0.28	2.83
$\hat{i}_{t-1}$	27.04	0.85	0.0000	0.11	1.46
$\pi - \pi^e$	6.09	0.15	0.0140	0.22	1.26
	13.93	0.44	0.0000	0.47	4.25
<b>II. Volatilidad</b>					
c	23.63	0.53	0.0000	0.32	4.89
a	23.58	0.53	0.0000	0.23	3.79
b	18.75	0.53	0.0000	0.32	3.81
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t+k}^*}\right)$	15.94	0.53	0.0000	0.38	7.19
$\hat{i}_{t-1}$	19.80	0.53	0	0.21	4.95
$\pi - \pi^e$	16.28	0.65	0.0000	0.27	6.01
$\rho$	8.15	0.71	0.0040	0.09	1.38

Cuadro 2.1  
Prueba de Estabilidad (continuación)

3 meses					
	Chi-sq (1;0.050) 22.36			L <sub>C</sub> (0.050) 0.47	L <sub>w</sub> (0.050) 2.48
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Parámetro	Sup LM	(pi)	p-value	LC	LW
<b>I. Media</b>					
constante	37.10	0.62	0.0000	0.40	12.25
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$	45.36	0.62	0.0000	0.21	8.85
$\hat{i}_{t-1}$	30.29	0.44	0.0000	0.16	9.68
$\pi - \pi^e$	10.98	0.84	0.0010	0.27	4.35
$\rho$	12.25	0.84	0.0000	0.05	2.49
<b>II. Volatilidad</b>					
c	58.31	0.73	0.0000	0.28	10.04
a	29.32	0.73	0.0000	0.16	5.51
b	55.14	0.73	0.0000	0.28	9.65
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$	20.87	0.77	0.0000	0.21	5.60
$\hat{i}_{t-1}$	74.68	0.73	0.0000	0.31	19.31
$\pi - \pi^e$	30.66	0.80	0.0000	0.62	12.28
$\rho$	4.76	0.84	0.0290	0.07	1.31

**Cuadro 2.1**  
**Prueba de Estabilidad (continuación)**

	6 meses				
	(1)	Chi-sq (1;0.050) 22.36	(3)	$L_c$ (0.050) 0.47	$L_w$ (0.050) 2.48
<i>Parámetro</i>	Sup LM	(pi)	p-value	LC	LW
<b>I. Media</b>					
<i>constante</i>	117.62	0.31	0.0000	0.14	23.00
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$	171.21	0.31	0.0000	0.13	27.06
$\hat{i}_{t-1}$	121.55	0.31	0.0000	0.05	14.56
$\pi - \pi^e$	4.26	0.28	0.0390	0.07	0.71
$\rho$	7.37	0.28	0.0070	0.04	0.62
<b>II. Volatilidad</b>					
<i>c</i>	106.23	0.57	0.0000	0.14	16.71
<i>a</i>	38.92	0.24	0.0000	0.13	7.55
<i>b</i>	91.74	0.57	0.0000	0.15	14.85
$\ln\left(\frac{1+i_{t,t+k}}{1+i_{t,t+k}^*}\right)$	59.85	0.65	0.0000	0.17	19.72
$\hat{i}_{t-1}$	39.30	0.53	0.0000	0.18	6.47
$\pi - \pi^e$	56.91	0.65	0.0000	0.20	21.14
$\rho$	7.88	0.65	0.0050	0.09	1.77

Cuadro 2.1  
Prueba de Estabilidad (continuación)

Parámetro	1 Año				
	Chi-sq (1;0.050) 22.36			L <sub>c</sub> (0.050) 0.47	L <sub>w</sub> (0.050) 2.48
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Sup LM	(pi)	p-value	LC	LW
<b>I. Media</b>					
<i>constante</i>	77.41	0.24	0.0000	0.16	10.73
$\ln\left(\frac{1+i_{i,t+k}}{1+i'_{i,t+k}}\right)$	71.27	0.24	0.0000	0.41	10.78
$\hat{i}_{i-1}$	19.77	0.84	0.0000	0.11	3.80
$\pi - \pi^e$	4.66	0.24	0.0310	0.14	1.16
$\rho$	13.75	0.22	0.0000	0.24	3.52
<b>II. Volatilidad</b>					
<i>c</i>	33.53	0.15	0.0000	0.21	7.16
<i>a</i>	54.47	0.15	0.0000	0.25	7.89
<i>b</i>	24.81	0.47	0.0000	0.24	5.37
$\ln\left(\frac{1+i_{i,t+k}}{1+i'_{i,t+k}}\right)$	44.46	0.58	0.0000	0.31	15.85
$\hat{i}_{i-1}$	41.26	0.15	0.0000	0.28	5.73
$\pi - \pi^e$	79.70	0.58	0.0000	0.27	23.30
$\rho$	47.91	0.38	0.0000	0.41	17.76