

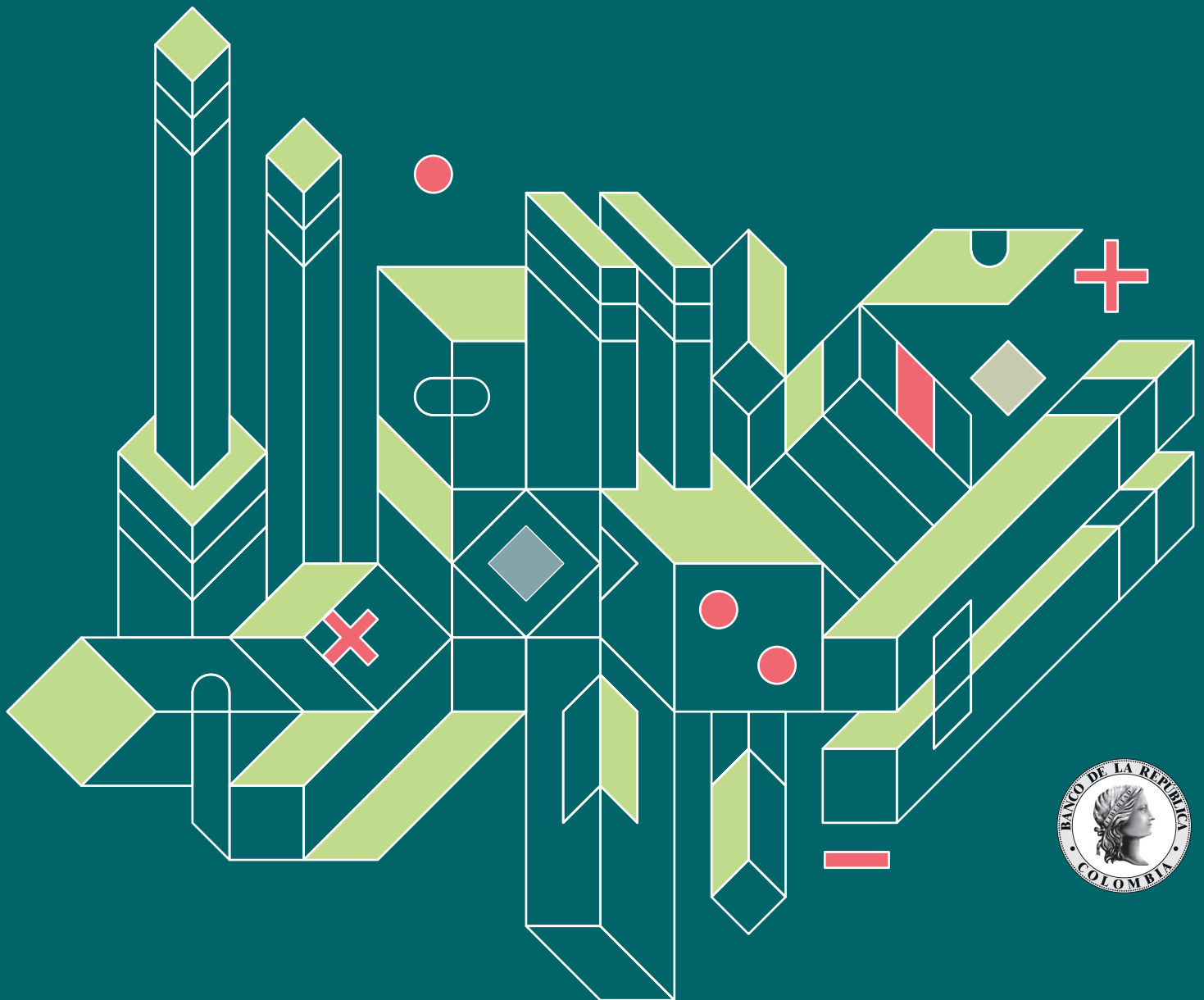
# espe

Ensayos sobre  
Política Económica

11/2020

Impacto de la intervención cambiaria y su duración

núm. 98

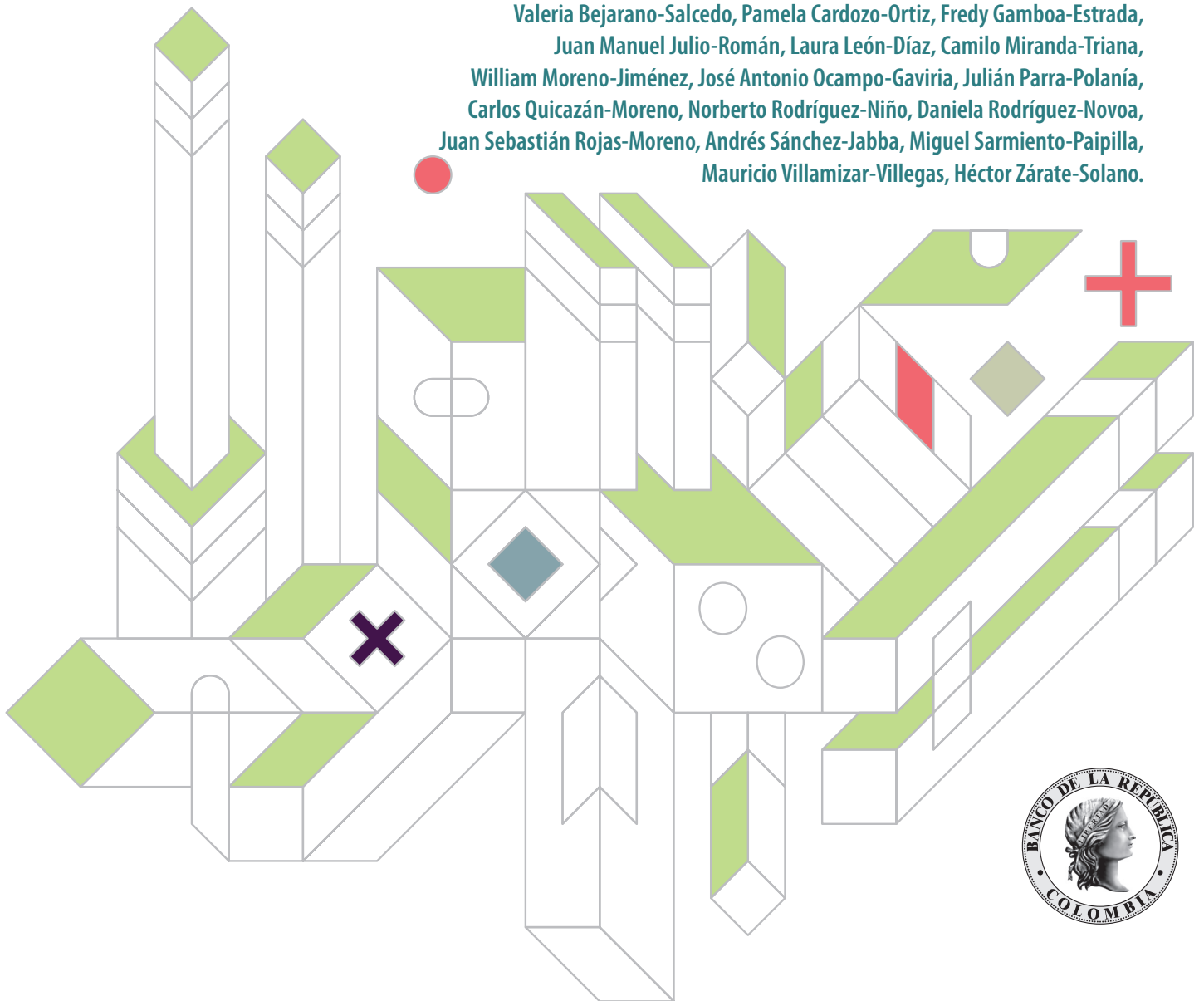


# espe

Ensayos sobre  
Política Económica

## Impacto de la intervención cambiaria y su duración

Hernán Rincón-Castro (coordinador)  
Lucía Arango-Lozano, Sara Ariza-Murillo,  
Valeria Bejarano-Salcedo, Pamela Cardozo-Ortiz, Fredy Gamboa-Estrada,  
Juan Manuel Julio-Román, Laura León-Díaz, Camilo Miranda-Triana,  
William Moreno-Jiménez, José Antonio Ocampo-Gaviria, Julián Parra-Polanía,  
Carlos Quicazán-Moreno, Norberto Rodríguez-Niño, Daniela Rodríguez-Novoa,  
Juan Sebastián Rojas-Moreno, Andrés Sánchez-Jabba, Miguel Sarmiento-Paipilla,  
Mauricio Villamizar-Villegas, Héctor Zárate-Solano.



---

## Impacto de la intervención cambiaria y su duración

### Coautores

Hernán Rincón-Castro (coordinador),  
Lucía Arango-Lozano, Sara Ariza-Murillo,  
Valeria Bejarano-Salcedo, Pamela Cardozo-Ortiz,  
Fredy Gamboa-Estrada, Juan Manuel Julio-Román,  
Laura León-Díaz, Camilo Miranda-Triana,  
William Moreno-Jiménez, José Antonio Ocampo-Gaviria,  
Julián Parra-Polanía, Carlos Quicazán-Moreno,  
Norberto Rodríguez-Niño, Daniela Rodríguez-Novoa,  
Juan Sebastián Rojas-Moreno, Andrés Sánchez-Jabba,  
Miguel Sarmiento-Paipilla, Mauricio Villamizar-Villegas,  
Héctor Zárate-Solano

---

© 2020, Banco de la República

ISSN 2665-1327 (en línea)

Clasificación JEL: E58, F31, C52.

**Palabras clave:** intervención cambiaria, tipos e instrumentos, canales de transmisión, impacto cambiario y duración, implicaciones de política.

Las opiniones, errores u omisiones de los autores son su responsabilidad, por lo que no reflejan la opinión de las entidades en las que laboran, la del Banco de la República, ni la de su Junta Directiva.

Rincón, H. (coordinador); Arango, L.; Ariza, S.; Bejarano, V.; Cardozo, P.; Gamboa, F.; Julio, J.; León, L.; Miranda, C.; Moreno, W.; Ocampo, J.; Parra, J.; Quicazán, C.; Rodríguez, N.; Rodríguez, D.; Rojas, J.; Sánchez, A.; Sarmiento, M.; Villamizar, M.; Zárate, H. *Impacto de la intervención cambiaria y su duración*. Ensayos sobre Política Económica (ESPE), núm. 98, noviembre, DOI: 10.32468/espe.98

ESPE está disponible en: <http://investiga.banrep.gov.co/es/espe>

Los derechos de reproducción de este documento son propiedad de la revista Ensayos sobre Política Económica (ESPE). El documento puede ser reproducido libremente para uso académico, siempre y cuando no se obtenga lucro por este concepto y, además, cada copia incluya la referencia bibliográfica de ESPE. El (los) autor(es) del documento puede(n), también, poner en su propio sitio electrónico una versión electrónica del mismo, pero incluyendo la referencia bibliográfica de ESPE. La reproducción de esta revista para cualquier otro fin, o su colocación en cualquier otro sitio electrónico, requerirá autorización previa de su comité editorial.

---

### Comité editorial

Hernando Vargas-Herrera  
Jorge Toro-Córdoba  
Ignacio Lozano-Espitia

### Diseño

María Fernanda Latorre

### Diagramación

Lucía Sandoval Andrade

### Corrección de estilo

Nelson Rodríguez

### Preparación editorial

Andrea Clavijo

Sección Gestión de Publicaciones  
Departamento de Servicios Administrativos  
Banco de la República

---

---

## CONTENIDO

---

	Introducción	6
1.	Política cambiaria: objetivos, tipos, instrumentos, motivaciones y operatividad	13
2.	Canales de transmisión de la política cambiaria: ¿cuáles son y cuáles han actuado?	19
3.	Impactos cambiarios de la FXI y su duración	25
4.	Intervención oral e impacto cambiario	31
5.	Estructura del mercado cambiario y FXI	34
6.	Tamaño y duración del impacto de la FXI: ¿importa el estado de la economía o el tipo de choque que enfrente?	39
	Recuadros	46
	La efectividad de la FXI: un metanálisis para Colombia	
	Modelación del estudio de eventos para la intervención oral	
	Referencias	53
	Anexos	61

---

*Desde la introducción de la flexibilidad cambiaria y el régimen de inflación objetivo en 1999, el Banco de la República de Colombia había intervenido de manera asidua en el mercado cambiario, excepto en los últimos cinco años. Los objetivos esgrimidos son acumular reservas internacionales, aminorar los excesos de volatilidad de la tasa de cambio y moderar desviaciones rápidas y sostenidas de la tasa de cambio respecto a su tendencia. Este artículo estudia y evalúa la magnitud y duración del impacto de los distintos tipos e instrumentos de intervención cambiaria sobre la tasa de cambio del peso colombiano, el tamaño del mercado y el diferencial de precios de oferta y demanda de divisas, y deriva implicaciones de política. Los resultados más importantes son: primero, los canales de transmisión de la política cambiaria (portafolio, señales y microestructura) actúan en cierto grado y bajo ciertas condiciones. Segundo, los distintos tipos de intervención o instrumentos tienen un impacto limitado o nulo sobre la tasa de cambio y duran poco. En particular, la intervención directa preanunciada cumple con su objetivo de acumular reservas internacionales con un impacto mínimo sobre la tasa de cambio y su volatilidad, inclusive, en algunos momentos la redujo. Tercero, no se encuentra evidencia de que la intervención oral tenga efecto cambiario alguno. Cuarto, la estructura del mercado cambiario impacta el traspaso de la intervención por medio de su grado de liquidez. Quinto, las condiciones iniciales de la economía, lo mismo que el tipo de choque que experimente, influyen en el tamaño, duración y grado de traspaso del impacto de la intervención, así este sea mínimo. La implicación de política más importante es que la flotación cambiaria, como ha sucedido en los últimos años, es la política indicada. Con ella se logran beneficios con costos bajos.*

# Introducción

---

Desde el establecimiento de la flexibilidad cambiaria y el régimen de inflación objetivo en 1999 el Banco de la República (Banrep), la autoridad monetaria y cambiaria de Colombia, había intervenido de manera asidua en el mercado cambiario, excepto en los últimos cinco años (Gráfico 1).

Los objetivos esgrimidos por la autoridad para intervenir son tres. Primero, acumular reservas internacionales con el fin de mantener un nivel que garantice los pagos en moneda extranjera y permita solventarlos cuando el país enfrente situaciones externas difíciles, por ejemplo, cuando se reduzcan brusca y repentinamente las exportaciones, cuando salgan rápidamente capitales o se dificulte conseguir financiamiento externo. Segundo, mitigar exceso de variaciones de la tasa de cambio del peso porque pueden presionar al alza la inflación y afectar negativamente la actividad económica. Tercero, moderar desviaciones rápidas y sostenidas de la tasa de cambio con respecto a su tendencia, las cuales comprometan la estabilidad macroeconómica y financiera<sup>1</sup>.

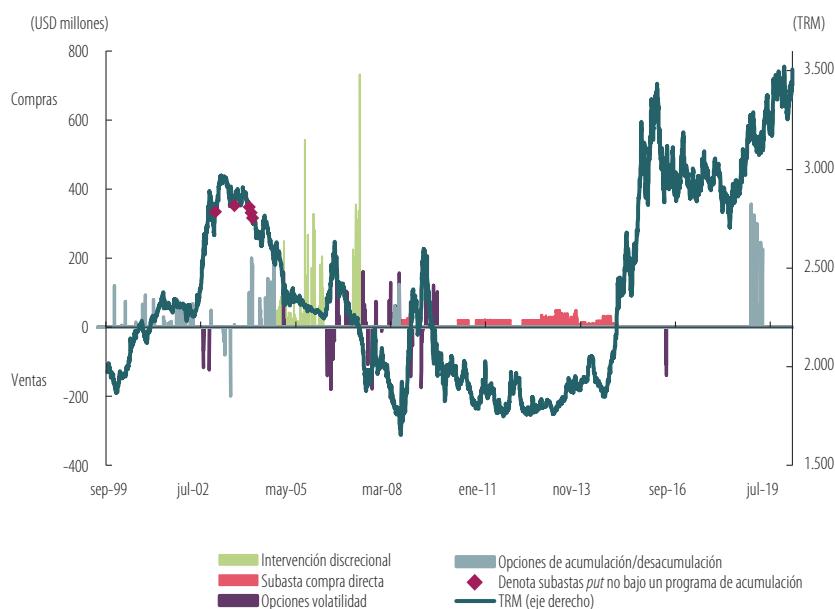
La decisión de intervenir en el mercado cambiario, que denominaremos de ahora en adelante como FXI, supone la efectividad en el logro de los objetivos y de sus beneficios; sin embargo, como es advertido por la literatura, la intervención también acarrea costos y distorsiones económicas. La FXI puede generar un conflicto entre la intervención cambiaria y el régimen de inflación objetivo que mina la credibilidad de la política monetaria<sup>2</sup>, que se acentúa cuando los costos de contraer la expansión monetaria originada en la FXI o esterilización son altos y se vuelven insostenibles o no creíbles, o cuando el *stock* de títulos para esterilizar es bajo, o una combinación de estas situaciones. También, genera costos cuasifiscales, ya que el retorno de invertir las reservas internacionales es menor que el costo de financiarlas (esterilizarlas)<sup>3</sup>; efectos no deseados sobre decisiones de los sectores financiero y real; inconsistencia temporal, es decir, cambios en los objetivos de política ante otros de mayor interés, aun si las circunstancias económicas no han cambiado, e incertidumbre macroeconómica, que imposibilita que los agentes económicos puedan medir los riesgos, lo que impacta negativamente sus decisiones y la actividad económica<sup>4</sup>.

- 1 Los objetivos son establecidos en la página oficial de la autoridad cambiaria: <https://www.banrep.gov.co/es/politica-intervencion-cambiaria>. Entre los estudios que han abordado el tema de los objetivos de la política cambiaria se encuentran Uribe y Toro (2005), Vargas *et al.* (2013), Cardozo (2019) y Rincón-Castro *et al.* (2020).
- 2 Véase, Mishkin y Savastano (2001), Calvo y Reinhart (2002), Kamil (2008), Vargas *et al.* (2013), Pincheira (2013), Fuentes *et al.* (2014) y Hofman (2020). Por ejemplo, los bancos centrales pueden comprometer sus metas de inflación cuando el “miedo a la flotación” los conduce a buscar el alcance de un nivel determinado de sus monedas (Calvo y Reinhart, 2002).
- 3 Esto ocurre cuando la tasa de interés de política monetaria local es mayor que la tasa de rendimiento de las reservas internacionales. En Colombia esto ha ocurrido casi siempre. Esto se puede verificar fácilmente comparando la tasa de política con el rendimiento de las reservas internacionales en dólares.
- 4 Villar y Rincón (2001), Kamil (2008), Vargas *et al.* (2013), Fuentes *et al.* (2014), IMF (2015), Ghosh *et al.* (2016) y Rincón-Castro *et al.* (2020).

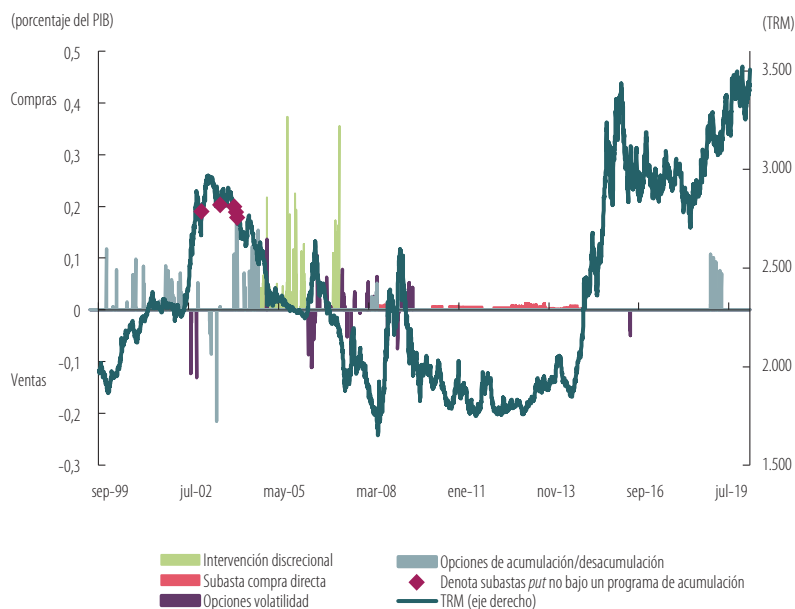
## Gráfico 1 Intervención cambiaria en Colombia

El Banco de la República intervino en el mercado cambiario de manera asidua y mediante diferentes instrumentos hasta el año 2014. Luego lo ha hecho de manera esporádica.

### A. Millones de dólares



### B. Porcentajes del PIB



Nota: Panel A: el eje izquierdo presenta los montos de la intervención en millones de dólares y el derecho la tasa de cambio representativa del mercado (TRM) en pesos por dólar de los Estados Unidos. Panel B: el eje izquierdo presenta los montos de la intervención en porcentajes del PIB y el derecho la TRM. Los tipos de intervención cambiaria utilizados por el Banrep hasta septiembre de 2019 son: directa anunciada, discrecional y preanunciada, regla de control de volatilidad y oral. Los instrumentos o mecanismos son: subastas de opciones *put* de acumulación o *call* de desacumulación, subastas de opciones *put* y *call* de control de volatilidad, compras directas discretionales y subastas de compras directas anunciadas y preanunciadas.

Fuente: Banco de la República.

A pesar de los costos, la decisión de intervenir en el mercado cambiario por parte del Banrep, no ha sido ajena a las coyunturas macroeconómicas especiales y a los retos, incertidumbres y dilemas de política que ha enfrentado a lo largo del período de estudio, que se extiende desde el año 2000 hasta el año 2019, como quedará claro en la narrativa de la sección inicial, cuando se discutan las motivaciones esgrimidas por el Banrep para intervenir. Pero la decisión del Banrep de intervenir tampoco ha sido extraña a las decisiones tomadas en esta dirección por autoridades de múltiples países del mundo, entre las que se cuentan las de países avanzados y muchos emergentes, con regímenes monetarios de inflación objetivo similares al de Colombia<sup>5</sup>.

Este artículo responde dos preguntas centrales: ¿cuál es la magnitud y cuál la duración del impacto de los distintos tipos de intervención cambiaria esterilizada e instrumentos implementados en Colombia sobre la tasa de cambio del peso frente al dólar de los Estados Unidos? También, ¿cuáles son las implicaciones de política según los resultados? Las respuestas a estas dos preguntas son cruciales para el análisis y el actuar de la política cambiaria. Si la intervención resulta tener un impacto alto y duradero, podría valer la pena asumir los costos mencionados, ya que los beneficios podrían ser mayores; de otra manera, esta política no sería recomendable y se debería permitir la flotación de la moneda, como se ha hecho en los últimos años. La intervención debería, entonces, limitarse a la acumulación o desacumulación de reservas internacionales, cuando se requiera.

Hay dos vertientes teóricas claramente diferenciadas alrededor de si la FXI tiene o no impacto cambiario. La primera señala que en la medida en que exista perfecta movilidad de capitales y sustituibilidad entre activos internos y externos, es decir, que se cumpla la condición de paridad descubierta de intereses, o UIP por su sigla en inglés (se supone que la autoridad cambiaria no tiene un objetivo de tasa de cambio u otros no explícitos), la FXI no tendrá efectos sobre el nivel y trayectoria de la tasa de cambio o, si los tiene, son limitados y de corta duración. La explicación gira en torno a que si se cumple la UIP no hay posibilidad de arbitraje y, en otro contexto, a la dificultad de lograr el cumplimiento de la “trinidad imposible”, es decir, libre movilidad de capitales, autonomía monetaria y control de la tasa de cambio<sup>6</sup>. La segunda argumenta que, si los supuestos señalados no se cumplen, por ejemplo, que la condición de UIP no se satisface, la FXI puede ser efectiva en modificar su comportamiento<sup>7</sup>. Más aún, si se activan otros objetivos o se utilizan otros instrumentos de política, por ejemplo, controles a las entradas o salidas de capitales, o existen fricciones financieras o reales, los efectos de la FXI pueden tener mayor alcance, por ejemplo, sobre la tasa de cambio misma, sobre el crédito, los portafolios de los inversionistas y la actividad real<sup>8</sup>.

A la par con la teoría, la literatura empírica internacional y colombiana ha estudiado la efectividad de la FXI sobre la tasa de cambio y su volatilidad. Para ello han utilizado diferentes marcos teóricos, aproximaciones metodológicas, modelos estadísticos y econométricos y estrategias de identificación. También, han analizado di-

5 Domínguez y Frankel (1993), Domínguez (1998), Calvo y Reinhart (2002), Kearns y Rigobon (2005), Neely (2005) y Chamon *et al.* (2019).

6 Mundell (1960), Fleming (1962), Backus y Kehoe (1989), Obstfeld *et al.* (2005) y Aizenman *et al.* (2013).

7 Branson y Henderson (1985), Kenen (1988), Domínguez (1998), Sarno y Taylor (2001), Lyons (2001), Evans y Lyons (2002), Domínguez (2003), Blanchard *et al.* (2015) y Kuersteiner *et al.* (2018).

8 Canzoneri y Cumby (2013), Vargas *et al.* (2013), Bacchetta *et al.* (2014), Gadanecz *et al.* (2014), Blanchard *et al.* (2015), Gabaix y Maggiori (2015), Ghosh *et al.* (2016), Chang (2018), Fanelli y Straub (2018), Fratzscher *et al.* (2019), Agénor y Pereira da Silva (2019), Barbone *et al.* (2019), Cavallino (2019), Hofmann *et al.* (2019) y Rincón-Castro *et al.* (2020).

ferentes países, monedas, períodos, eventos, tipos de intervención e instrumentos<sup>9</sup>. Hasta el momento no hay consenso internacional ni en Colombia sobre su efectividad. Tampoco la literatura se ha concentrado en analizar el tamaño de los impactos de la intervención y mucho menos su duración, por la alta incertidumbre sobre el comportamiento de la tasa de cambio, ni en evaluar el rol de las intervenciones orales en economías pequeñas ni en estudiar el rol de la estructura del mercado cambiario. Más aún, no hay estudios en Colombia, o por lo menos los autores no los conocen, que examinen el papel que desempeñan las condiciones iniciales de la economía y los choques externos sobre el impacto y transmisión de la intervención cambiaria. Este artículo profundiza en estas direcciones y esto será su principal contribución a la formulación y quehacer de la política cambiaria y a la literatura<sup>10</sup>.

Como parte de la introducción, realizamos una revisión sintética de los resultados de la literatura colombiana que evalúan la efectividad de la intervención cambiaria, con el fin de contextualizar la discusión alrededor del tema y relativizar nuestros resultados. No ahondamos en la revisión de la literatura internacional, porque no es objetivo del artículo. Al lector interesado en profundizar en el análisis de los resultados de los estudios nacionales e internacionales, lo invitamos a consultar las excelentes revisiones recientes citadas a lo largo de este artículo.

La revisión de la literatura colombiana la realizamos mediante una técnica novedosa de metanálisis (Recuadro 1). Esta es una técnica que realiza una serie de pruebas estadísticas sobre los resultados de la literatura sobre un tema particular, en nuestro caso, sobre la intervención cambiaria en Colombia y sus efectos sobre la tasa de cambio. Así, la técnica busca extraer conclusiones generales sobre la efectividad de la intervención, que no son fáciles de lograr ante la heterogeneidad de los estudios y mediciones, por la diversidad de metodologías, técnicas econométricas, períodos y tamaños de muestra utilizados. También, por la incertidumbre alrededor de los resultados reportados y circunstancias económicas particulares de los períodos estudiados.

Los principales hallazgos del metanálisis para Colombia son que, en general, el efecto promedio de una compra neta de USD 100 millones (0,03% del PIB) deprecia el peso entre 0,3% y 0,5% (Recuadro 1). En promedio, no hay efecto sobre la volatilidad. Si se analizan las intervenciones por tipo, las preanunciadas se ubican en la parte alta del rango<sup>11</sup>. Adicionalmente, este tipo de intervención reduce la volatilidad cambiaria entre 0,0% y 0,9%<sup>12</sup>. Cabe aclarar que los anteriores hallazgos son sin controles. Cuando se incluyen, como lo reportamos en el cuadro R.1.3 del Recuadro 1, los resultados varían según el tipo de control incorporado (por ejemplo, por tipo de instrumento, si esta es anunciada o no, por la metodología econométrica utilizada en el estudio, etc.). En cuanto a la duración de los impactos, no se encontraron suficientes observaciones para su metanálisis. Hay que anotar que alrededor del 50% de los estudios que hicieron parte de la muestra del metanálisis encuentran

9 Revisiones pasadas y recientes de la literatura internacional y colombiana sobre la evaluación de la efectividad de la intervención cambiaria se encuentran en: Schwartz (2000), Sarno y Taylor (2001), Neely (2005), Menkhoff (2013), Broto (2013), Fuentes *et al.* (2014), Villamizar-Villegas y Pérez-Reyna (2017), Fratzscher *et al.* (2017), Chamon *et al.* (2019) y Rincón-Castro *et al.* (2020).

10 Algunos estudios previos que han producido resultados sobre la duración de los impactos de la intervención para países latinoamericanos, entre ellos Colombia, son Mundaca (2011), Fuentes *et al.* (2014), Chamon *et al.* (2017), Echavarría *et al.* (2018), Kuersteiner *et al.* (2018) y Hofmann *et al.* (2019).

11 Al igual que en Chamon *et al.* (2019) y Arango-Lozano *et al.* (2020), las intervenciones preanunciadas tienen relativamente un mayor impacto cambiario.

12 La medida de volatilidad depende de cada estudio. La mayoría utiliza una medida estimada a partir de la ecuación de volatilidad de un modelo Garch. Otros utilizan las variaciones de la tasa de cambio al cuadrado.

que la intervención no fue efectiva<sup>13</sup>. En el nivel internacional, un estudio que utiliza la misma técnica encuentra que una intervención del mismo tamaño deprecia las monedas examinadas entre 0,004% y 0,095% y reduce su volatilidad entre 0,0% y 0,056%.

Debemos advertir que para que el grado de impacto de los distintos estudios de la literatura colombiana e internacional fueran comparables, estandarizamos los coeficientes encontrados en cada estudio a un impulso de compras netas de USD 100 millones. Esto no implica que todos los estudios evalúen magnitudes parecidas; por ejemplo, hubo días cuando el Banrep realizó compras por montos cercanos a los USD 700 millones y en otros por montos de USD 20 millones. Por ende, la estandarización facilita la lectura de múltiples estudios cuando se agrupan en un estudio de metanálisis.

¿Qué explica las diferencias en los resultados reportados por la literatura colombiana e internacional que estudia la FXI? Las razones son múltiples y no ahondamos en su estudio, pero estarían relacionadas con distintas metodologías; frecuencias de la información analizada; períodos de estudio; políticas simultáneas implementadas y que no se identifican claramente; simultaneidad de instrumentos (por ejemplo, controles de capitales, tasas de interés de política monetaria e intervención), y choques experimentados que dificultan la identificación del choque de la intervención. También, con que el impacto y duración de la intervención tienen un componente endógeno que depende del estado de la economía al momento de realizarla y de choques externos, como comprobaremos en la sección 6. Por último, por problemas estadísticos y econométricos cruciales cuando se aborda empíricamente el tema, como la falta de contrafactuales que permitan identificar el efecto de la intervención, simultaneidad entre la intervención y la tasa de cambio, e identificación de otros choques, que, si no son tratados adecuadamente, los resultados se muestran espurios. En este artículo, como lo hacen algunos de los referenciados, enfrentamos de manera rigurosa estos problemas con el objetivo de minimizarlos y poder obtener resultados robustos.

Para responder de manera comprensiva las preguntas de interés, primero describimos la política cambiaria: objetivos, tipos de intervención, motivaciones, instrumentos y operatividad. Luego, estudiamos y evaluamos los principales canales mediante los cuales se transmite la política cambiaria, representada por la FXI: portafolio, señales y microestructura. Enseguida estimamos la magnitud y duración de los impactos de los distintos tipos de intervención e instrumentos sobre la tasa de cambio, su volatilidad, el tamaño del mercado y su liquidez. Inmediatamente después estudiamos la intervención oral, utilizada de manera frecuente en economías avanzadas, como veremos en la sección 4. Terminamos con dos extensiones a la literatura: primero, examinamos si la estructura del mercado cambiario importa; segundo, evaluamos si el impacto, duración y grado de traspaso dependen del estado o condiciones iniciales de la economía y de los choques externos que enfrente.

Específicamente, el artículo responderá las siguientes preguntas (Diagrama 1):

- ¿Cuáles son los objetivos de la política cambiaria? ¿Qué tan activa ha sido? ¿Cuáles han sido las motivaciones para intervenir en el mercado cambiario?

13 Ver Arango-Lozano *et al.* (2020).

¿Cómo han operado los distintos tipos y sus instrumentos?<sup>14</sup> ¿Cuáles son los principales instrumentos de esterilización y cómo han funcionado? Debemos advertir, desde este momento, que todas las intervenciones cambiarias son esterilizadas, de acuerdo con la autoridad. Por tanto, todo el análisis y evaluación que realizamos en el artículo parte de este hecho. ¿Importa la intervención para la estabilidad financiera? (sección 1)

- ¿Han actuado los canales de portafolio, señales y microestructura? El canal de portafolio opera cuando la FXI cambia la oferta relativa de activos internos versus externos, la prima de riesgo y la tasa de cambio. El canal de señales actúa cuando la FXI transmite información al mercado sobre los fundamentos futuros y, en particular, sobre la posible postura de la política monetaria, y modifica la tasa de cambio. El canal de microestructura de la FXI obra mediante la presión que ejerce sobre el flujo total de órdenes de divisas por parte del mercado, de tal manera que produce un cambio en sus retornos relativos esperados e induce una variación de la tasa de cambio (sección 2).
- ¿Cuál ha sido el impacto cambiario de los distintos tipos de intervención en términos de magnitud y duración? (sección 3)
- ¿En qué consiste la intervención oral? ¿Ha impactado la tasa de cambio? La intervención oral la definimos en este artículo como los anuncios o noticias y comunicados oficiales relacionados con el mercado de divisas que realizan la autoridad cambiaria o el ejecutivo con el objetivo de incidir sobre el comportamiento de la tasa de cambio (sección 4).
- ¿Cuál es la estructura y tamaño relativo del mercado cambiario colombiano? ¿Cómo funciona? ¿Quiénes intervienen y qué operaciones realizan? ¿Cuál es la concentración de mercado? ¿Cuál es el rol de la estructura del mercado cambiario en el impacto y transmisión de la intervención? (sección 5)
- ¿La magnitud, duración y grado del traspaso del impacto de la FXI depende de las condiciones iniciales de la economía y de los choques externos? (sección 6) Las primeras las medimos por el porcentaje de desalineamiento o brecha de las reservas internacionales con respecto a su tendencia, por el porcentaje de desalineamiento o brecha de la tasa de cambio real con respecto a un nivel estimado de equilibrio y por la postura de la política monetaria. Los choques externos analizados son los ocasionados al riesgo-país y a los precios internacionales del petróleo.

Los principales resultados del artículo indican que los canales de transmisión de la intervención cambiaria (portafolio, señales y microestructura) han actuado en cierto grado y condiciones durante los períodos analizados, a pesar del bajo o nulo impacto cambiario estimado de la intervención. La intervención cambiaria, sin importar el tipo o instrumento utilizado, tiene un impacto limitado o nulo sobre la tasa de cambio y, cuando lo tiene, su duración se limita a algunos minutos o máximo a dos días. La intervención cuyo objetivo es la atenuación de la volatilidad cambiaria no encuentra soporte estadístico en nuestro estudio. Más aún, este tipo de intervención llegó a incrementarla antes y después de la misma. Cuando se utiliza la intervención directa preanunciada para acumular reservas internacionales, el precio se deprecia en mínimo grado y la volatilidad del retorno generalmente se reduce. Consistente con

14 *Esterilización de la FXI* se entenderá aquí en el sentido clásico del término, es decir, aquella que es compensada por una contracción o expansión monetaria equivalente (Jurgensen, 1983); o en el sentido de los regímenes de metas de inflación: cuando la FXI no desvía la tasa de interés de corto plazo de mercado de la tasa de política (Borio y Disyatat, 2009).

la teoría de microestructura, algunos tipos de intervención aumentan la volatilidad cambiaria antes de que ocurra y no necesariamente la reducen después. El impacto de la intervención total o por tipo o instrumento sobre el tamaño del mercado y su liquidez no son concluyentes, ya que algunas veces son consistentes con lo esperado y otras no. Además, los resultados no evidencian que las intervenciones orales tengan algún efecto sobre la tasa de cambio o sobre su volatilidad. Este hallazgo se mantiene para distintas muestras analizadas, y es independiente del cargo de la autoridad que hace el anuncio.

Así mismo, encontramos que la estructura del mercado cambiario afecta el grado de impacto de la intervención sobre la tasa de cambio. Por ejemplo, la intervención tuvo mayor tracción cuando la liquidez del mercado de contado era baja. Por último, el impacto de la intervención sobre la tasa de cambio y su duración, lo mismo que su grado de traspaso sobre la tasa de cambio, dependen de las condiciones iniciales de la economía y de los choques externos que enfrente esta.

### Diagrama 1 Preguntas de interés

El artículo estudia la política cambiaria en Colombia, evalúa sus impactos y duración, y deriva implicaciones de política. Para cumplir su objetivo responde las preguntas de interés planteadas en el diagrama.



Nota: política cambiaria (sección 1); análisis de los principales canales de transmisión y su evaluación (sección 2); estimación de la magnitud del impacto de la intervención sobre la tasa de cambio y su duración (secciones 3 y 4); estructura del mercado cambiario y su rol en la transmisión de la intervención (sección 5); importancia del estado de la economía y los distintos choques que enfrente sobre la magnitud del impacto de la intervención y su duración (sección 6).

Fuente: diseño de los autores.

El principal mensaje obtenido de los resultados del artículo es que los impactos de la intervención son relativamente pequeños, cuando los hay, y duran poco. Por tanto, la autoridad cambiaria debería continuar permitiendo la flotación del peso, como se ha hecho en los últimos años, e intervenir para acumular o desacumular

reservas, cuando se requiera. En este caso, los resultados recomiendan utilizar intervenciones preanunciadas. De esta manera, la autoridad obtiene beneficios ciertos con costos bajos. Como lo demuestra la evidencia reciente, el país enfrentó uno de los choques externos más fuertes de los últimos años con la caída estrepitosa de los precios internacionales de petróleo en 2014, sin que experimentara una crisis cambiaria ni un desbordamiento de la inflación ni inestabilidad macroeconómica y financiera. ¿Qué lo explica? En buena medida, la flotación cambiaria, que permite los ajustes requeridos en las decisiones de los agentes y la economía.

Así, en el artículo ampliamos y profundizamos el estudio de la FXI en Colombia, evaluamos sus impactos cambiarios y duración, y derivamos implicaciones de política. Con esto aportamos al quehacer de la política cambiaria y, de paso, realizamos varias contribuciones a la literatura colombiana e internacional sobre el tema.

## 1. Política cambiaria: objetivos, tipos, instrumentos, motivaciones y operatividad<sup>15</sup>

En esta sección respondemos las siguientes preguntas: ¿cuáles son los objetivos, tipos, instrumentos, motivaciones y operatividad de la política cambiaria y cómo han funcionado? ¿Cuáles son los instrumentos de la esterilización? De acuerdo con el Banrep, todas las intervenciones se esterilizan. ¿Cuáles son los costos contables de la FXI? En la sección 3 analizamos y evaluamos los canales de transmisión de esta política.

La política cambiaria colombiana tiene como principio la flexibilidad de la tasa de cambio. Las razones que se esgrimen son: permite ajustes automáticos frente a los choques que experimente la economía, reduciendo la volatilidad de la actividad económica; posibilita que la tasa de interés sea utilizada como un instrumento independiente para controlar la inflación y suavizar la senda de la actividad económica, y reduce los incentivos para la toma excesiva de riesgo cambiario por parte de los agentes económicos, lo cual es vital para mantener la estabilidad financiera<sup>16</sup>.

No obstante, la flexibilidad de la tasa de cambio no implica que el Banrep no intervenga en el mercado cambiario; lo hace, aunque ha señalado que su objetivo no es alcanzar un nivel específico para la tasa de cambio. El Banrep interviene en el mercado cambiario con tres propósitos, como lo mencionamos en la introducción. Primero, acumular reservas internacionales con el fin de mantener un nivel que garantice los pagos en moneda extranjera y permita solventarlos cuando el país enfrente situaciones externas adversas. Segundo, mitigar exceso de variaciones de la tasa de cambio del peso porque pueden afectar negativamente la inflación y la actividad económica. Tercero, moderar desviaciones

rápidas y sostenidas de la tasa de cambio respecto a su tendencia que comprometan la estabilidad macroeconómica y financiera.

Para garantizar la compatibilidad de la FXI con el régimen monetario vigente se esterilizan las compras y ventas de dólares estadounidenses, según se requiera, de tal forma que el nivel de la tasa de interés de política monetaria sea coherente con los objetivos de inflación y crecimiento del producto. Así, se compensan las expansiones o contracciones monetarias que se generen por la compra y venta de dólares de manera que la tasa de interés interbancaria a un día, la variable operativa de la política monetaria, no se desvíe del nivel establecido para la tasa de interés de política.

La decisión de intervenir se realiza teniendo en cuenta los costos y beneficios que tal decisión acarrea, así como el efecto que pueda tener sobre los estados financieros del Banrep. Por ejemplo, la acumulación de reservas es costosa, principalmente por la esterilización (costo que se mide por el diferencial entre la tasa de interés local y la tasa de rendimiento de las reservas) y porque, generalmente, en países emergentes como Colombia, la tasa de interés interna es mayor que el rendimiento generado por su inversión.

### 1.1 Tipos de intervención, instrumentos y motivaciones

La racionalidad, operatividad e instrumentos o mecanismos de compra o venta de divisas utilizados por el Banrep cambiaron en septiembre de 1999, cuando la política cambiaria sustituyó la banda cambiaria por un régimen de flexibilidad.

Como se explicará en detalle en esta sección, los tipos de intervención cambiaria utilizados por el Banrep han sido: directa anunciada, regla de control de volatilidad, directa

15 Una versión de esta sección fue publicada en Cardozo (2019).

16 Ver Uribe (2016).

discrecional, directa preanunciada y oral. Excepto la intervención oral, a las demás las llamaremos intervenciones materiales, porque se manifestaron en intervenciones realmente efectuadas o materializadas en compras o ventas de divisas por parte del Banrep. En esta sección y las secciones 3, 5 y 6 nos ocuparemos de las intervenciones materiales y en la sección 4 de las orales. Los instrumentos o mecanismos de intervención han sido: subastas de opciones *put* de acumulación o *call* de desacumulación, subastas de opciones *put* y *call* de control de volatilidad, compras directas discretionales y subastas de compras directas anunciadas y preanunciadas. Desde marzo de 2020, como respuesta a la turbulencia cambiaria causada por la pandemia del Covid-19 y la destorcida de los precios del petróleo, el Banrep acudió a subastas de *swaps* (*FX-swaps*) o ventas de dólares de contado y compras a futuro en pesos y a subastas de operaciones *forward* de cumplimiento financiero (*non-delivery forwards*: NDF) en moneda local, también llamadas *currency swaps*. Estos últimos tipos e instrumentos de intervención no son estudiados en este artículo.

Con el propósito de llevar las reservas al nivel que garantice los pagos internacionales y permita solventarlos cuando se enfrenten situaciones externas difíciles, el Banrep comenzó a ofrecer opciones *put* de acumulación en diciembre de 1999. El objetivo de este instrumento es permitir la acumulación de reservas internacionales y minimizar el impacto sobre la tasa de cambio, porque los agentes del mercado solo pueden ejercer las opciones cuando la TRM esté por debajo de su promedio de los últimos veinte días. Así, el Banrep evita la compra de dólares cuando el peso esté depreciándose en comparación con los últimos veinte días.

El Banrep subastó opciones *put* de acumulación al final de cada mes a los intermediarios del mercado cambiario (IMC) durante cuatro períodos: noviembre de 1999 a septiembre de 2002, marzo a agosto de 2003, marzo a mayo de 2008, septiembre de 2018 a abril de 2019 (Gráfico 1). La experiencia en el manejo cambiario al final de estos períodos mostró que las subastas se suspendieron en momentos en que el peso enfrentó fuertes presiones a la depreciación y cuando la autoridad consideró que se había alcanzado el nivel de reservas internacionales que permitía garantizar los pagos internacionales y solventarlos ante situaciones externas adversas. Las opciones son americanas, es decir, se pueden ejercer en cualquier día, con vencimiento a un mes y precio de ejercicio igual a la TRM, que se calcula como el promedio ponderado de las operaciones de contado peso por dólar del día anterior.

Durante los períodos mencionados, el Banrep acopió reservas mediante opciones *put* de acumulación por USD 5.234 millones (3,5% del PIB) y vendió USD 345 millones (0,4% del PIB).

Otro de los mecanismos de intervención que estableció el Banrep cuando decidió virar el régimen cambiario fue el de las subastas de opciones *put* y *call* de control de volatilidad. El objetivo era proveer cobertura a los agentes contra movimientos extremos de la tasa de cambio, porque se consideraba que el mercado aún no estaba preparado para ofrecer coberturas cambiarias bajo circunstancias extremas. El Banrep se comprometió a ofrecer subastas de opciones *put* y *call* con vencimiento a 1 mes a los IMC cuando la TRM estuviera por encima (por debajo) de su promedio móvil de veinte días más (menos) 5%. El Banrep estaba obligado solo si el vencimiento de las últimas opciones había expirado. El disparador, lo mismo que el monto a subastar, cambiaron en el tiempo. Entre 1999 y octubre de 2001 el monto a subastar era de USD 120 millones<sup>17</sup>. Luego cambió a USD 180 millones y el disparador a 4%, teniendo en cuenta que el peso se estaba depreciando de manera acelerada y no se había dado la condición de hacer la subasta.

La primera subasta de opciones *call* de control de volatilidad se realizó el 29 de julio de 2002. La condición de activación se volvió a dar el 1 de agosto de 2002 y se ofrecieron USD 180 millones<sup>18</sup>. Estas subastas se hicieron en un ambiente de depreciación del peso, generado por el deterioro en el acceso al financiamiento externo, entre otros, por la volatilidad de los precios de los títulos del gobierno colombiano y la incertidumbre regional generada, según analistas del mercado, por las elecciones presidenciales de Brasil, que tenían como principal contendor al candidato Luiz Inácio Lula. Así, entre el 28 de mayo y el 23 de septiembre de 2002 el EMBI Colombia aumentó de 534 puntos básicos a 1.072 puntos básicos (Gráfico 2).

La primera subasta de opciones *put* de control de volatilidad se realizó en diciembre de 2004. En diciembre de 2005 el Banrep cambió de nuevo el disparador a 2%. Con este umbral debió realizar cinco subastas de opciones *call* y diez *put*. Este mecanismo fue suspendido entre junio y octubre de 2008 y entre octubre de 2009 y octubre de 2011, debido a que estaba realizando compras directas preanunciadas diarias. En febrero de 2012 el Banrep suspendió nuevamente el mecanismo cuando reanudó las compras diarias del tipo mencionado; en ese momento las opciones tenían un umbral del 4%.

La última opción de control de volatilidad se utilizó para enfrentar la fuerte depreciación que experimentaba el peso ante el choque negativo petrolero. Nótese que a estas opciones se les dio este nombre genérico y algunas veces

17 El objetivo era intervenir con el 50% del volumen del mercado en los días en que las opciones estuvieran en *the money*. Los datos muestran que eso se cumplía para cuatro días en promedio.

18 Esta subasta se realizó a discreción de Banrep, dado que el vencimiento de las anteriores opciones no había expirado.

se utilizaron para afectar el nivel de la tasa de cambio. El Banrep presentó esta subasta como una opción *call* para desacumular reservas internacionales, porque el peso se encontraba en su mínimo histórico y no quería tener que comprar reservas, ya que podría debilitarlo aún más. Esta variante se implementó en mayo de 2016, después de que el peso colombiano se había depreciado sustancialmente por el colapso del precio del petróleo desde julio de 2014. Entre el 1 de julio de 2014 y el 30 de septiembre de 2015 el precio del petróleo estadounidense de (o referencia *west Texas intermediate*: WTI) se redujo de USD 102,8 por barril a USD 48,4 (Gráfico 3).

### Gráfico 2 Indicador de los bonos de mercados emergentes (EMBI) para Colombia

El comportamiento y evolución del riesgo país, medido aquí por el EMBI, es una de las variables determinantes de la tasa de cambio del peso, por eso su importancia para la política cambiaria y la intervención.



Nota: el *emerging markets bonds index* (EMBI) es uno de los principales indicadores de riesgo país. Es la diferencia de la tasa de interés que pagan los bonos denominados en dólares, emitidos por países emergentes, y los bonos del Tesoro de Estados Unidos. Lo calcula JP Morgan Chase. El EMBI presenta niveles altos entre 1999 y 2003. Entre 2003 y 2019 se ubica alrededor de 200 puntos básicos, mostrando aumentos durante la crisis financiera global de 2008, el período de aversión al riesgo de 2015 causado por la devaluación repentina del yuan y la crisis reciente generada por la pandemia.

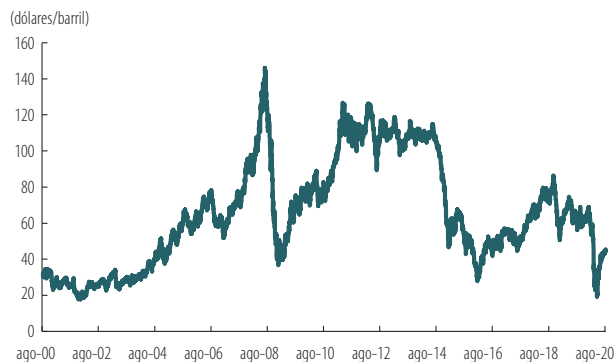
Fuente: Bloomberg.

El propósito del instrumento de opciones *call* de control de volatilidad era mitigar las expectativas de depreciación y de inflación (estas últimas se ubicaban 112 puntos básicos por encima de la meta de inflación del 3%) y proveer liquidez al mercado en un escenario de depreciación extrema. El Banrep fijó el umbral en el 7%. El monto ofrecido fue de USD 500 millones (50% del volumen tranzado diariamente), buscando generar un impacto en las expectativas. Más adelante el umbral cambió al 5% y luego al 3%. Con este último umbral se cumplió la condición. El Banrep, entonces, ofreció USD 500 millones en opciones *call* el 20 de mayo de 2016. Los agentes demandaron USD 411 millones y ejercieron solo USD 256 millones (Gráfico 1).

El mecanismo fue desactivado al final de mayo del mismo año cuando consideró que la liquidez del mercado era adecuada.

### Gráfico 3 Precio internacional del petróleo de Estados Unidos (WTI)

El comportamiento y evolución del precio internacional del petróleo, medido aquí por el precio de la referencia WTI, es otra de las variables determinantes de la tasa de cambio del peso, por eso su importancia para la política cambiaria y la intervención.



Nota: el *west texas intermediate* (WTI) es el tipo de crudo producido en Texas y el sur de Oklahoma, y es utilizado como punto de referencia en la fijación de precios del petróleo. Recordemos que el petróleo es uno de los principales productos de exportación de Colombia (ha llegado a alcanzar una participación por encima del 50% de las exportaciones del país), por tanto, los movimientos en el precio afectan el mercado cambiario. También, es una fuente importante de los ingresos del Gobierno Nacional Central (ha llegado a representar el 20% de sus ingresos).

Fuente: Bloomberg.

Durante los períodos que se utilizaron las subastas de opciones *put* y *call* de control de volatilidad, el Banrep compró por medio de estas subastas USD 2.373 millones (1,2% del PIB) y vendió USD 2.586 millones (1,5% del PIB).

A pesar de las compras acumuladas por medio de opciones por USD 1.400 millones entre diciembre de 2003 y septiembre de 2004, el peso se apreció 8%. Con el objetivo de mitigar la apreciación, el Banrep introdujo en ese momento la intervención directa discrecional. Así, el 17 de septiembre de 2004 anunció que compraría directamente en el mercado, como un participante más, hasta USD 1.000 millones antes de finalizar el año<sup>19</sup>. Sin embargo, el 21 de diciembre de ese año ratificó sus compras discrecionales, pero sin mencionar límite alguno. Entre el primer anuncio y el fin de 2004 compró USD 1.326 millones directamente en el mercado, sin subastar opciones *put*. La apreciación del peso entre los años 2003 y 2005 se dio en un ambiente de demanda externa favorable, políticas económicas expansivas por parte Estados Unidos, un

19 El mercado transaccional es semiciego, es decir, los clientes saben quién es su contraparte solo cuando ya se ha ejecutado la transacción.

ajuste fiscal de Colombia y mayores entradas de capital extranjero. Desde el máximo histórico del EMBI Colombia, alcanzado en septiembre de 2002 (1.072 puntos básicos), el indicador llegó a un nivel de 237 puntos básicos (Gráfico 2).

El Banrep continuó comprando discrecionalmente hasta el 1 de marzo de 2006, cuando el peso comenzó a depreciarse a un ritmo acelerado debido a aumentos en la tasa de interés de la Reserva Federal de los Estados Unidos (Fed). Luego de una apreciación del peso del 16% desde julio de 2006, reanudó sus compras discrecionales el 15 de enero de 2007 (Gráfico 1). Al finalizar enero anunció que intervendría masivamente y de manera discrecional en el mercado cambiario con el fin de enfrentar las presiones transitorias sobre el peso derivadas de las entradas de capital por ventas de activos del sector público, por ejemplo, la compañía Ecogas. Entre enero y abril de 2007 compró USD 4.527 millones; no obstante, el peso se apreció un 5%. Vale la pena resaltar que el día 30 de marzo de 2007 el Banrep compró USD 732 millones, un 89% del volumen promedio diario tranzado durante ese mes (Gráfico 1). Por otro lado, a partir de febrero de 2007 hizo pública la información sobre el valor de sus compras mensuales de dólares del mes anterior.

Durante los períodos en que el Banrep intervino discrecionalmente compró en total USD 11.708 millones (7,3% del PIB).

Después de la activa intervención discrecional con el fin de moderar la apreciación del peso, que no se logró, porque continuó apreciándose, el Banrep decidió utilizar un tipo nuevo de intervención y el 24 de junio de 2008 comenzó a acumular reservas por medio de subastas diarias de compras directas preanunciadas en el mercado *spot*. Así, cambió de opciones *put* mensuales de USD 150 millones a subastas diarias de compras directas preanunciadas de USD 20 millones, subastas de precio uniforme que duran tres minutos. El objetivo fue reforzar la política de acumulación de reservas con el fin de enfrentar un eventual deterioro del entorno internacional y, de paso, aliviar la presión de la apreciación del peso.

El Banrep suspendió las subastas de compras directas preanunciadas el 6 de octubre de 2008, debido a la fuerte depreciación del peso originada por la crisis financiera internacional ante el anuncio de la quiebra de Lehman Brothers el 15 de septiembre de ese año. Las subastas se reactivaron en marzo de 2010 con el fin de mejorar el nivel de reservas internacionales. Nótese también que pequeños aumentos en las reservas internacionales pueden deberse a la apreciación de las otras monedas, en que están invertidas las reservas, con respecto al dólar. Hay que resaltar que este período se caracterizó por un peso revaluado,

por la abundante entrada de divisas por los altos precios internacionales del petróleo (Gráfico 3) y la política monetaria expansiva de los países desarrollados. Además, en 2014 se registró una entrada masiva de extranjeros al mercado de Bonos del Gobierno Nacional (TES), dado el aumento en la ponderación de Colombia en el índice de bonos de JP Morgan.

El monto máximo y mínimo de compra de las subastas de compras directas preanunciadas fue de USD 50 millones y USD 5 millones, respectivamente, que resultaban pequeños en comparación con el volumen promedio tranzado de USD 942 millones. Usualmente, el Banrep anunciaba el monto aproximado que iba a comprar. En septiembre de 2010, por ejemplo, anunció que compraría por lo menos USD 20 millones diarios durante los siguientes cuatro meses. Las compras preanunciadas fueron suspendidas el 11 de diciembre de 2014 debido a la fuerte depreciación del peso por la caída en el precio del petróleo (gráficos 1 y 3).

Mediante las subastas de compras directas preanunciadas el Banrep acumuló USD 23.867 millones (7% del PIB); es decir, el equivalente al 44,9% de las reservas internacionales del país a diciembre de 2019 (el saldo de reservas era USD 53.174 millones).

Dados todos los mecanismos de compra de reservas que se expusieron, una pregunta que surge es: ¿Con qué mecanismos cuenta el Banrep para vender reservas internacionales? Adicional a la venta de dólares por medio de las opciones *call* de volatilidad, también ha usado opciones *call* de desacumulación de reservas. Estas subastas de opciones se usaron entre marzo y mayo de 2003, para complementar los aumentos de la tasa de interés de política y contener las expectativas de inflación, después de una importante depreciación del peso. Se realizaron tres subastas de USD 200 millones cada una, las cuales fueron ejercidas. Luego, se activaron de nuevo por tres días en mayo de 2016. Las opciones *call* funcionan de la misma forma que las *put* de acumulación, por lo que solo pueden ejercerse cuando la TRM esté por encima de su promedio de los últimos veinte días.

Por último, es relevante preguntarse, ¿cómo se decide qué monto de reservas internacionales comprar o vender y cuándo hacerlo? Debido a la constante discusión entre la Junta Directiva del Banrep y su equipo técnico acerca de tales decisiones, el Banrep estableció un marco de referencia desde el año 2012. La discusión se originaba en los resultados de los modelos del nivel óptimo de reservas, ya que eran inestables y altamente sensibles a los valores de sus parámetros. En el año 2018 se reactivó la discusión acerca del nivel óptimo o adecuado de reservas internacionales y, con el fin de evitar la polémica, el Banrep decidió cambiar de enfoque y definió que el nivel

adecuado de liquidez externa debería ser aquel que fuera al menos igual a los riesgos que se buscan cubrir con la liquidez externa, equivalente a las reservas internacionales más el monto de la línea de crédito flexible que el Fondo Monetario Internacional le había concedido a Colombia. Los riesgos para un año determinado se definieron como el valor del déficit en la cuenta corriente más las amortizaciones de deuda externa en el año siguiente más una estimación de las salidas de capital que se presentarían por parte de extranjeros y residentes en un momento de turbulencia internacional de los mercados (caracterizado por devaluación significativa del peso y precios bajos de los activos financieros colombianos).

## 1.2 Esterilización e impacto en el balance del Banco de la República

La esterilización de las compras y ventas de divisas es un requisito para garantizar que el nivel de la tasa de interés de política monetaria sea coherente con la meta de inflación. Pero ¿qué ocurre si la autoridad monetaria no esteriliza o no cuenta con los instrumentos suficientes para realizarla? Pues se pone en riesgo la inflación, porque la oferta monetaria se ubica por encima de la demanda y se reduce endógenamente la tasa de interés de mercado; en otras palabras, la tasa de interés de política pierde tracción, y se abre un canal monetario de determinación de la tasa de cambio. No sobra señalar que el Banrep cuenta con otros instrumentos para realizar sus operaciones de mercado abierto (OMA), que no necesariamente están relacionadas con operaciones de esterilización de la FXI, como son los depósitos remunerados, las subastas de acuerdos de recompra (repos), que son el instrumento más utilizado, y las reservas bancarias.

El Banrep enfrentó una situación inesperada en 2007, porque no contaba con títulos propios (la ley no le permitía emitir bonos propios en ese momento) o TES suficientes para contraer la emisión originada en las compras de divisas (Gráfico 4). Como mecanismo de esterilización ofreció depósitos de corto plazo que pagaban una tasa de interés cercana a la tasa de referencia. Estos depósitos no atrajeron recursos suficientes, posiblemente por no ser negociables y, por tanto, tener un riesgo de liquidez. Como resultado, la tasa *overnight* interbancaria de corto plazo estuvo por debajo de la tasa de política durante algunos períodos (Gráfico 5).

En 2009 la ley permitió al Banrep emitir sus propios bonos, agregando así un nuevo instrumento de esterilización a las herramientas posibles. Hasta ahora no ha emitido sus propios títulos, entre otras razones, porque en 2012 firmó un memorando de entendimiento con el Ministerio de Hacienda que señala que, en lugar de que el Banrep emita sus bonos para contraer la base monetaria, el Ministerio de

Hacienda lo hace y deposita el dinero en el banco central<sup>20</sup>. El Banrep remunera la cuenta del Ministerio y asume el costo de la esterilización. La ventaja de este mecanismo es la existencia de un único emisor libre de riesgo en el país: no están las dos entidades estableciendo precios de bonos públicos. El acuerdo también establece que los bonos de esterilización tendrán como máximo un vencimiento a tres años. Esto era una preocupación para el Banrep, teniendo en cuenta que los bonos más cortos, con menor riesgo de mercado, podrían atraer a un mayor número de inversionistas extranjeros, y de esta forma generar presiones hacia la apreciación del peso. El tiempo ha mostrado que los inversionistas extranjeros son más aversos al riesgo de liquidez que al de mercado y que los bonos de esterilización son menos líquidos que los de largo plazo<sup>21</sup>.

Gráfico 4  
Portafolio del Banco de la República en bonos locales del Gobierno (TES)

El portafolio del Banco de la República de bonos del gobierno (TES) entre 2000 y 2010 fue de cerca de COP 2 billones; entre 2013 y 2015 fue prácticamente 0, y en 2019 alcanzó un nivel cercano a los COP 15 billones.



Nota: el eje vertical está en millones de pesos. El eje horizontal son las fechas de fin de año.

Fuente: Banco de la República.

La esterilización de las compras de reservas tiene costos contables que han afectado el balance del banco central, dado que las reservas generan un rendimiento menor que el costo, que es cercano a la tasa de interés de política, como lo explicamos anteriormente, y que tiene que pagar por contraer la base monetaria<sup>22</sup>. Como lo muestra el Gráfico 6,

20 La emisión de estos TES fue autorizada por el Plan de Desarrollo de 2010-2014 y del 2014-2018. Dicha autorización se debe incluir en cada Plan de Desarrollo.

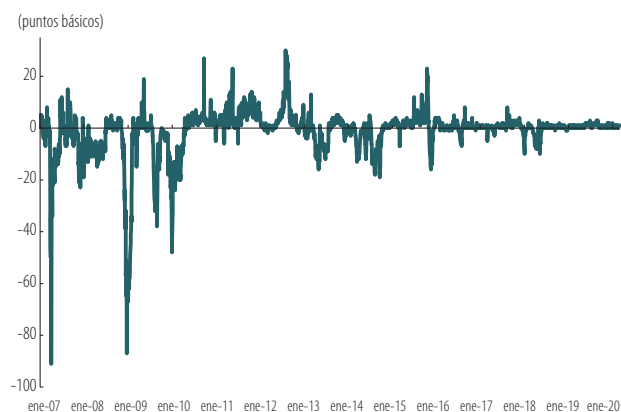
21 Esta afirmación la sustentamos en el hecho de que en el mercado de TES en pesos las tenencias de extranjeros en el tramo de cero a tres años son de alrededor del 15% del saldo total, del 28% en el tramo de tres a cinco años, y del 40% en el tramo de cinco años en adelante.

22 Recuérdese que un mecanismo de esterilización es el aumento en la demanda de base monetaria, por eso, cuando la demanda de base monetaria aumenta, se disminuyen los costos.

entre 2012 y 2015 el Banrep produjo pérdidas, que fueron cubiertas por el Presupuesto General de la Nación, como lo señala la ley (artículo 27, Ley 31 del 29 de noviembre de 1992).

### Gráfico 5 Diferencial entre la tasa interbancaria (TIB) y la tasa de política monetaria

Con el fin de esterilizar la intervención, en algunos períodos el Banrep ha tenido que ofrecer tasas de interés sobre depósitos de corto plazo cercanas a la tasa de referencia TIB. Por este motivo, la TIB estuvo por debajo de la tasa de política durante algunos períodos.



Nota: la tasa de referencia TIB es la tasa interbancaria. El eje vertical está en puntos básicos. El Banrep busca mantener la TIB, variable operativa de la política monetaria, cerca de la tasa de interés de política por medio de sus operaciones monetarias. Nótese que los depósitos de corto plazo del Banrep no atrajeron recursos suficientes, probablemente, por no ser negociables y, por tanto, tener un riesgo de liquidez. Fuente: Banco de la República.

### Gráfico 6 Utilidad anual del Banrep transferida al Gobierno

La esterilización afecta el estado de resultados del Banrep, que anualmente transfiere (cubre) sus utilidades (pérdidas) al (desde) el Gobierno.



Nota: la Ley 31 del 29 de noviembre de 1992 regula la transferencia de utilidades del Banrep al Gobierno, o viceversa, en caso de pérdidas.

Fuente: Banco de la República.

## 1.3 Otros objetivos e instrumentos y cómo se decide cuándo intervenir en el mercado cambiario

Aparte de los objetivos mencionados al comienzo de la sección, la FXI también podría ayudar a preservar la estabilidad financiera, en el caso de que el peso se debilite muy rápido y a tasas altas, porque la depreciación puede comprometer la parte pasiva en moneda extranjera de los balances de los intermediarios financieros. Actualmente el Banrep se guía por el siguiente árbol de decisión cuando el peso se deprecia de manera significativa (Diagrama 2).

Este árbol de decisión recomienda intervenir por medio de *FX-swaps* cambiarios cuando la estabilidad financiera se ve amenazada por un cierre de las líneas externas de crédito, y consiste en que el Banrep vende dólares *spot* y compra dólares *forward*. Por medio de este instrumento, los IMC, contrapartes de éste en el *swap* cambiario, no estarían alterando su exposición externa. Por tanto, este instrumento tendría un efecto limitado sobre la tasa de cambio (en el lado activo del balance tendrán dólares y en el pasivo la venta de dólares *forward*), pero permitiría a los IMC proveer crédito en dólares sin riesgo cambiario (el crédito estará cubierto con la venta de dólares *forward* al Banco de la República). Los *FX-swaps* no deberían evitar que los agentes dejen de buscar líneas externas de crédito, por lo que el Banrep subasta el contrato *forward* con un precio máximo inferior al de mercado. Este instrumento fue regulado en junio de 2015 y utilizado por primera vez en marzo de 2020 como medida de apoyo a la liquidez internacional del sistema financiero ante el choque del Covid-19.

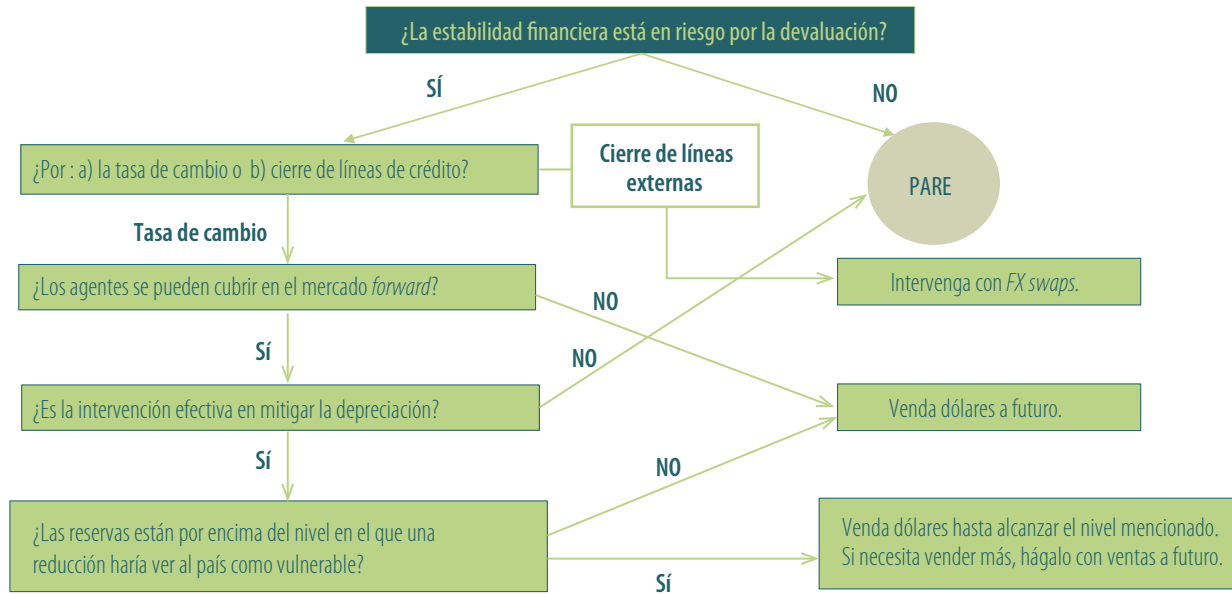
El resto del árbol, cuando no hay cierre de líneas de crédito, considera las ventas de dólares mediante contratos *forward* con cumplimiento financiero (NDF, por su sigla en inglés), cuando los agentes no se están pudiendo cubrir del riesgo cambiario. En caso de que lo puedan hacer, entonces la efectividad de la intervención es relevante. Si se considera que las ventas de reservas pueden mitigar la depreciación, el árbol recomienda vender dólares en el mercado de contado si las reservas están por encima del nivel en el que una reducción haría ver al país como vulnerable; si este no es el caso, las ventas se podrían hacer con NDF. Esto último, dado que los NDF no afectan el nivel de reservas internacionales. Recientemente, ante los efectos del Covid-19, el Banrep vendió dólares por medio de NDF.

## 1.4 Resumen

En esta sección describimos los objetivos, tipos, instrumentos, motivaciones y operatividad de la política cambiaria en Colombia y narramos cómo ha sido su funcionamiento. También, explicamos los instrumentos de la esterilización y mencionamos los costos contables de la FXI.

## Diagrama 2 FXI y estabilidad financiera

Árbol de decisión del Banrep para guiar la venta de dólares ante problemas de estabilidad financiera.



Fuente: Cardozo (2019).

Para el Banrep la flexibilidad de la tasa de cambio es un activo de la política cambiaria colombiana. El Banrep interviene en el mercado por distintos motivos, mediante diversos tipos y utiliza instrumentos alternativos. De acuerdo con el banco central, la decisión de intervenir depende de la relación entre los beneficios percibidos y los costos efectivos y percibidos. Sin importar el instrumento o mecanismo usado, el Banrep siempre esteriliza sus intervenciones para que la tasa de interés de mercado de corto plazo no se desvíe de la tasa de interés de política y no se arriesgue la meta de inflación. Aparte de los objetivos centrales discutidos, la FXI también ayudaría a preservar la estabilidad financiera, por eso en la actualidad se guía por un árbol de decisión.

La intervención cambiaria del Banrep entre diciembre 1999 y octubre 2019, por medio de distintos tipos de intervención e instrumentos, se manifestó en una acumulación de USD 40.251 millones de reservas internacionales (17% del PIB).

Por último, de acuerdo con la autoridad cambiaria, las opciones *put* de acumulación parecerían ser un instrumento adecuado cuando se necesita acumular reservas y se quiere minimizar su efecto sobre la tasa de cambio. Ahora, la intervención mediante compras directas diarias preanunciadas se considera que podrían ser más adecuadas cuando

el banco central desea influenciar la tasa de cambio. En la experiencia del banco central, este último tipo de intervención pareció no generar una sensación de se estuviese defendiendo un nivel de tasa de cambio, mientras que las compras discrecionales sí. La explicación reside en que los montos de compras diarias eran los mismos sin importar el comportamiento de la tasa de cambio. Se entendía que, si la meta percibida de la tasa de cambio por el mercado era juzgada como no alcanzable, se atraerían flujos de capital adicionales, haciendo que la intervención cambiaria fuera inefectiva y posiblemente generara volatilidad de la tasa de cambio, lo cual imponía mayores costos al Banrep, especialmente si este reaccionaba aumentando las intervenciones. Los resultados de la siguiente sección corroboran esta conjetura.

## 2. Canales de transmisión de la política cambiaria: ¿cuáles son y cuáles han actuado?

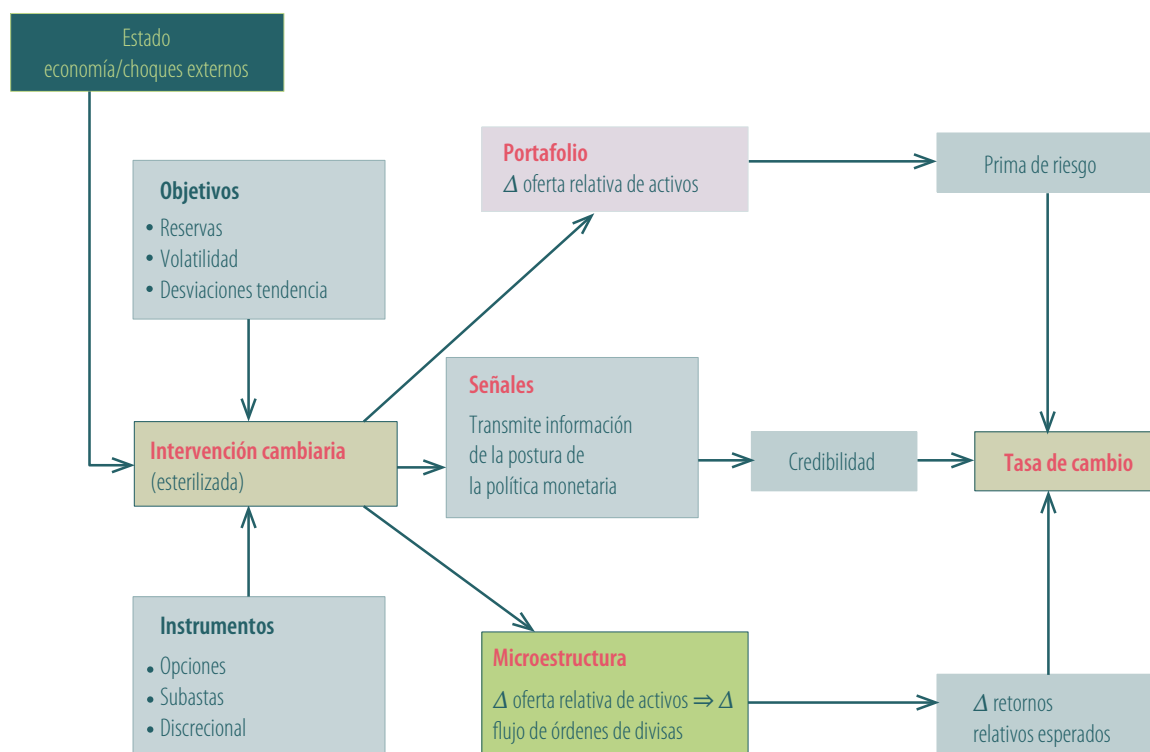
El objetivo de esta sección es identificar y evaluar los canales de transmisión de la política cambiaria, representada por la FXI. Así, respondemos las preguntas: ¿cuáles son los canales de transmisión de la FXI esterilizada y cuáles han actuado en el caso de Colombia? Los estudios empíricos sobre la FXI en Colombia y el exterior se concentran en evaluar su efectividad y pocos se detienen a analizar y

evaluar sus canales de transmisión<sup>23</sup>. Las respuestas servirán como elemento de análisis y juicio para la toma de decisiones de política cambiaria por parte del Banco de la República. Los canales que analizamos son tres: portafolio, señales y microestructura<sup>24</sup>.

Como introducción al tema, el Diagrama 3 muestra de manera esquemática la política cambiaria, discutida de manera comprensiva en la sección 1, y sus canales de transmisión. Enseguida definimos y analizamos canal por canal y evaluamos cuáles han actuado.

### Diagrama 3 Canales de transmisión de la política cambiaria

De acuerdo con sus objetivos e instrumentos, la política cambiaria, representada por la intervención, puede afectar la tasa de cambio mediante tres canales: portafolio, señales y microestructura. La política cambiaria en Colombia no tiene un objetivo sobre el nivel de la tasa de cambio.



Nota: la intervención cambiaria siempre es esterilizada, de acuerdo con el Banrep. La intervención, sus impactos sobre la tasa de cambio y duración dependen del estado de la economía y de los choques que esté enfrentando esta (caja superior izquierda del diagrama), como lo mostraremos en la sección 6. El estado de la economía lo medimos en este artículo por las brechas de la tasa de cambio real y de las reservas internacionales y por la postura de la política monetaria. Sin embargo, hay otras variables que también podrían afectarla, como el grado de apertura de la cuenta de capitales y la sofisticación/profundización financiera. Los choques externos los medimos aquí por las perturbaciones al riesgo país y a los precios del precio internacional del petróleo.

Fuente: diseño de los autores.

23 La excepción para el caso de Colombia son los estudios recientes de Kuersteiner *et al.* (2018) y Perez-Reyna y Villamizar-Villegas (2019).

24 Taylor (1994, 1995), Sarno y Taylor (2001) y Reitz y Taylor (2008) han examinado el canal de coordinación, que no se analiza aquí. Según los autores, el comportamiento de la tasa de cambio es conducido por factores no fundamentales que la desvían de manera persistente de su senda de equilibrio. En este escenario, la FXI puede corregir la tasa de cambio al alentar a los especuladores a ingresar al mismo tiempo al mercado, gracias a su credibilidad sobre la capacidad de la autoridad para lograrlo. Así, la FXI actúa como un coordinador del mercado cambiario logrando su objetivo.

## 2.1 Canal de portafolio

El canal de portafolio actúa de la siguiente manera. Cuando los activos nacionales y extranjeros son sustitutos imperfectos, la condición de paridad descubierta de intereses (o UIP, por su sigla en inglés) no se cumple, es decir, existe espacio para el arbitraje. En este caso, una intervención en el mercado cambiario modifica la oferta relativa de activos locales versus externos y requerirá un cambio en la prima de riesgo sobre los primeros y, por tanto, un movimiento de la tasa de cambio para lograr el nuevo equilibrio<sup>25</sup>.

El mecanismo es el siguiente: un aumento de la demanda de moneda extranjera por parte del banco central, digamos por la entrada repentina de capitales, aumenta la oferta relativa de activos nacionales (caen sus precios) debido a la necesidad del banco central de esterilizar la compra de divisas. Para reestablecer el equilibrio en el mercado de

25 Branson and Henderson (1985) y Sarno and Taylor (2001).

activos aumenta la prima de riesgo sobre los activos locales y se produce una depreciación de la moneda local<sup>26</sup>.

Una ilustración sencilla del modelo de portafolio y de la actuación del canal de portafolio de la FXI se presenta en el Diagrama 4. La compra esterilizada de divisas por parte del banco central con sus propios bonos, o con bonos del gobierno en sus manos (*A*), hace que aumente la oferta relativa de bonos locales (suponemos que *B* permanece constante). Este aumento hace que los inversionistas exijan una prima de riesgo (*pr*) mayor para mantener tales activos, la cual se logra mediante una depreciación de la moneda local (suponemos que tanto la tasa de interés interna como externa no cambian). El aumento de la tenencia de activos locales en manos de los inversionistas incrementa su riqueza real (supone que los precios relativos no cambian) y, por tanto, su consumo, que se verá reflejado en un movimiento en la cuenta corriente y en la posición externa neta de la economía<sup>27</sup>.

Es bueno resaltar que el canal de portafolio puede ser reforzado si existen fricciones en el mercado cambiario, como controles de capital, riesgos de liquidez en moneda extranjera, riesgos de solvencia o fricciones financieras, que reducen aún más la sustituibilidad entre activos locales y extranjeros<sup>28</sup>.

¿Ha actuado el canal de portafolio de la FXI en el caso de Colombia? La pregunta la respondemos acudiendo a un modelo de regresión con variables instrumentales para la prima de riesgo de los activos locales. En el numeral A.1.1 del Anexo 1 derivamos el modelo de regresión de la prima de riesgo y explicamos los problemas empíricos que hay que resolver, debido a la simultaneidad de algunas de las variables que la componen, en particular, de la tasa de cambio y sus expectativas y la intervención cambiaria. Recordemos que la prima de riesgo está compuesta por las tasas de interés local y externa y las expectativas de devaluación de la moneda local. La regresión del modelo de portafolio que derivamos en el anexo mencionado tiene como variable dependiente la prima de riesgo, y como explicativa la intervención cambiaria, cuyo coeficiente queremos evaluar para saber si el canal de portafolio está activo en los datos analizados: si lo está, el coeficiente de la intervención cambiaria debe ser positivo y estadísticamente

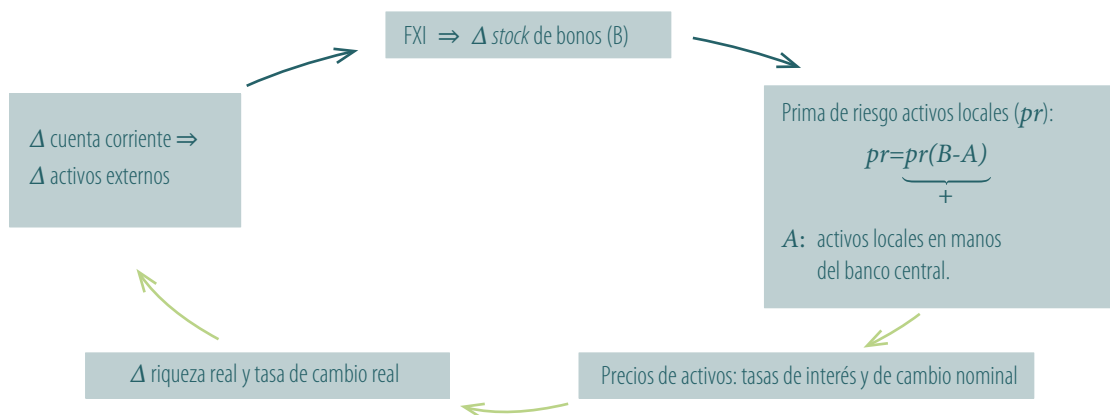
26 Ver Blanchard et al. (2015).

27 García-Verdú y Zerecero (2013) desarrollan un modelo en el cual la FXI hace que los bancos acumulen más bonos emitidos (vendidos) por el banco central con el fin de esterilizarla. Como consecuencia, el canal de portafolio estimula a los bancos a aumentar la oferta de crédito, en vez de acumular más de otro tipo de bonos. Los autores encuentran evidencia de este canal para el caso de Brasil.

28 Canzoneri y Cumby (2013), Bacchetta et al. (2014), Blanchard et al. (2015), Gabaix y Maggiori (2015) y Kuersteiner et al. (2018).

#### Diagrama 4 Modelo y canal de portafolio de la FXI

El modelo de portafolio predice qué ocurre con la tasa de cambio cuando hay intervención cambiaria y cómo opera el canal de portafolio: la intervención esterilizada cambia la oferta relativa de activos internos *vis a vis* externos y, por tanto, sus precios, sus primas de riesgo y, para reestablecer el equilibrio del mercado de activos, se requiere un movimiento de la tasa de cambio.



Nota: canal de portafolio de la FXI: el banco central interviene en el mercado cambiario y, supongamos, compra divisas con el fin de aliviar la apreciación de la moneda local. Luego vende bonos locales en su poder (*A*), supongamos que son títulos de deuda del Gobierno que ascienden a un total de *B*, para esterilizar las compras de divisas. Esto aumenta la oferta de bonos internos en manos del mercado (la diferencia entre *B* y *A* aumenta) y, por tanto, la prima de riesgo. El exceso de oferta de bonos en el mercado reduce sus retornos esperados e induce una depreciación de la moneda local. Estos cambios modifican las variables reales de la economía y producen un ajuste de la cuenta corriente y los activos externos para alcanzar el nuevo equilibrio.

Fuente: Hallwood y MacDonald (1995), con ajustes de los autores.

significativo. En el numeral A.2.1 del Anexo 2 describimos las variables utilizadas y sus fuentes; en particular, explicamos cómo construimos las variables que instrumentan la intervención cambiaria, que denominamos *NEWS* y *REPINT*, y que nos permiten solventar el problema de simultaneidad. El modelo lo estimamos con información diaria entre agosto de 2003 y abril de 2019.

Los resultados muestran que el canal de portafolio de la FXI sí ha actuado, es decir, el coeficiente de la intervención cambiaria es estadísticamente significativo y positivo en el modelo de regresión de la prima de riesgo (numerales A.4.1 y A.4.2 del Anexo 4)<sup>29</sup>. El resultado es robusto a las tasas de interés utilizadas en la regresión, de mercado (numeral A.4.1 del Anexo 4) y de los títulos de deuda pública (numeral A.4.2 del Anexo 4), y a si controlamos o no por la volatilidad de la tasa de cambio en el lado derecho de la ecuación de regresión<sup>30</sup>. Las variables instrumentales *NEWS* y *REPINT* resultan ser apropiadas, es decir, no están correlacionadas con el error de la regresión, como lo indican las pruebas implementadas (el numeral A.3.1 define las pruebas y los numerales A.4.1 y A.4.2 las reportan)<sup>31</sup>.

## 2.2 Canal de señales

El canal de señales actúa cuando la FXI transmite información al mercado sobre los fundamentos futuros y, en particular, sobre la posible postura de la política monetaria. El funcionamiento de este canal no requiere que se cumpla la condición de paridad descubierta de tasas de interés, porque, si se cumpliera, no existirían las posibilidades del arbitraje que podría generar la intervención cambiaria. Sin embargo, si existe aversión al riesgo y la necesidad de una prima de riesgo sobre los activos (lo cual impide que se cumpla dicha condición), la información contenida en

las intervenciones cambiarias hará que los agentes revisen sus expectativas de tasa de cambio, lo cual abre la posibilidad de efectos sobre esta. De esta manera, en el caso de las compras de reservas, la señal para el mercado es la de una postura monetaria laxa en el futuro que, al reducir los retornos relativos esperados de los activos locales, lleva endógenamente a una depreciación de la moneda local<sup>32</sup>. Así, siempre que estas señales sean creíbles y claras, el mercado revisará las expectativas de los fundamentos futuros, lo que provocará un cambio en el tipo de cambio actual<sup>33</sup>. Sin embargo, si no lo son, o la señal es contrarrestada por un accionar del banco central contrario al esperado por el mercado, por ejemplo, restringiendo la postura de política monetaria cuando se espera que la flexibilice, la efectividad de la intervención es reducida o, inclusive, contraria a la deseada<sup>34</sup>.

Por tanto, la credibilidad de la política monetaria se convierte en un factor fundamental que potencia el impacto de la FXI mediante el canal de señales, que se activa cuando son altas y cuando el mercado sabe que la autoridad está interviniendo<sup>35</sup>. Como mencionamos, si la intervención cambiaria envía una señal de una postura laxa de la política monetaria, y la autoridad cambiaria goza de alta credibilidad, la moneda local se deprecia.

La adopción de sistemas de inflación objetivo ha sido fundamental en el anclaje de las expectativas de inflación y en el grado de credibilidad de los bancos centrales. Por ejemplo, se evidencia que el anclaje de dichas expectativas en economías emergentes ha mejorado sustancialmente desde mediados de la década de los dos mil<sup>36</sup>. Según esta fuente, tal comportamiento ha sido fundamental para que las autoridades monetarias puedan enfocar sus políticas en estabilizar las fluctuaciones del producto y mejorar la resiliencia ante choques externos negativos. Por ejemplo, según esta misma fuente, el grado de anclaje de las expectativas de inflación de largo plazo en Colombia, medido como su desviación del nivel objetivo, es cercano al 0,7% entre 2004 y 2017. Dicho nivel de anclaje puede estar es-

29 Una pregunta que podría originarse aquí es la siguiente: ¿cómo se compatibiliza el hecho de que las OMA se realizan en Colombia principalmente con repos con la existencia del canal de portafolio? Esto querría decir es que, si encontramos soporte estadístico para el canal de portafolio, los resultados son aún más robustos.

30 Cuando se incluye la varianza de la tasa de cambio de manera multiplicativa en el lado de derecho del modelo de regresión, tal y como lo hacen Domínguez y Frankel (1993), uno se enfrenta a un problema de identificación de la variable que mide la intervención cambiaria; por este motivo la excluimos. Por otro lado, probamos con la medida de las expectativas anuales de la tasa cambio, la intervención ponderada por una medida de la riqueza y con la intervención acumulada desde el inicio de la muestra: las estimaciones presentaron problemas de eficiencia, estabilidad y cambios de signos, por eso fueron descartadas.

31 La evidencia encontrada sobre la existencia del canal de portafolio es a la vez una prueba indirecta sobre la no presencia en los datos analizados de la condición de paridad descubierta de intereses, condición que se asume que se cumple en la mayoría de los modelos macro utilizados para análisis de política. Como nuestro objetivo no es estudiar la validez de tal condición, no profundizamos en el estudio del resultado encontrado.

32 Con “postura monetaria laxa” queremos decir que la tasa de interés de política esté por debajo de la tasa de interés que se deriva de una Regla de Taylor. Claro, existen otro tipo de definiciones que no vamos a discutir aquí, porque no es el propósito del artículo. En la sección 6 utilizamos una definición empírica de “postura monetaria laxa”.

33 Reeves (1988), Kenen (1988) y Domínguez (1992, 1998).

34 Para el caso colombiano, Kamil (2008) documentó que esto fue lo que ocurrió hacia mediados de dos mil, cuando la compra de dólares por parte del Banrep provocó una apreciación del peso, en vez de lo contrario, porque fueron acompañadas de un apretón monetario, es decir, un aumento de la tasa de interés de política.

35 Domínguez (1992), Reeves (1998), Disyatat y Galati (2007) y Adler *et al.* (2019).

36 FMI (2018).

trechamente relacionado con el nivel de credibilidad de la política monetaria<sup>37</sup>.

Para evaluar si el canal de señales está presente en la intervención del Banrep estimamos una función de reacción para su intervención cambiaria, la cual combina la información de la FXI con la de la credibilidad de la política monetaria, medida por las sorpresas monetarias. Nuestro enfoque indica que uno de los motivos de la intervención cambiaria dentro de la hipótesis del canal de señales es que puede servir para dar información al mercado acerca de la política monetaria futura<sup>38</sup>. Este objetivo de la intervención se puede analizar combinando la información de intervención cambiaria con la información de sorpresas monetarias. Con este enfoque se puede verificar si la intervención cambiaria está relacionada con las sorpresas monetarias, mediante una regresión de la intervención cambiaria en función de una medida de sorpresas monetarias. Si el coeficiente de la variable de sorpresas monetarias resulta significativo durante períodos de alta credibilidad, la autoridad monetaria filtra información futura sobre su política.

Entonces, si la política monetaria goza de un alto nivel de credibilidad, la intervención cambiaria constituye una señal para el mercado, al proveer información a los agentes cuando existen sorpresas monetarias<sup>39</sup>.

En el Gráfico 7 reportamos el índice de credibilidad (*CRED*) de la política monetaria del Banrep acumulado a doce meses<sup>40</sup>. En el numeral A.1.2 del Anexo 1 explicamos la manera como construimos el indicador de credibilidad, crucial para la evaluación empírica del canal de señales, cuáles variables lo componen y cómo se interpreta.

Los cálculos del *CRED* nos permiten identificar cinco fases. Primera, comprendida entre 2004 y 2007, el *CRED* es moderado. Al inicio de este período, el Banrep comenzó a publicar la encuesta de expectativas de inflación, un requisito de transparencia y credibilidad en regímenes de inflación objetivo. Segunda, comprendida entre 2008 y 2010, el *CRED* es bajo y llegó a ser nulo al comienzo de 2009. Este período coincide con la crisis financiera internacional 2007-2009 y el fenómeno de El Niño, que presionó de manera fuerte los precios de los alimentos. Durante este período las expectativas de inflación excedieron el rango meta de inflación, lo cual afectó negativamente la credi-

bilidad de la política monetaria. Tercera, se extiende entre el final de 2010 y mediados de 2014, el *CRED* inicia una senda creciente y alcanza su nivel máximo hacia mediados de 2015. Cuarta, entre mediados de 2014 y comienzos de 2017 el *CRED* inicia y termina una senda decreciente, que coincidió con una fuerte depreciación del peso causada, principalmente, por la caída brusca de los precios internacionales del petróleo y por el fuerte deterioro de la actividad económica. Las expectativas de inflación crecieron nuevamente. Quinta, desde el final de 2016 el *CRED* presenta una senda creciente y alcanza un nivel moderado.

Una vez calculado el *CRED*, procedemos a evaluar si el canal de señales de la FXI ha actuado. Apelamos a un modelo *tobit* con heterocedasticidad multiplicativa para las compras diarias de dólares por parte del Banrep (en los numerales A.1.3 y A.1.4 del Anexo 1 explicamos los modelos y la metodología de estimación). Los modelos los estimamos con información diaria entre abril de 2003 y abril de 2019. El numeral A.2.1 del Anexo 2 describe las variables y las fuentes.

Los resultados muestran que la activación del canal de señales de la FXI depende del grado de credibilidad de la política monetaria. Las estimaciones de los modelos *tobit* muestran que el coeficiente que acompaña la variable de sorpresas monetarias es negativo y significativo (1.ª columna del numeral A.4.3 del Anexo 4). Es decir, ante sorpresas monetarias positivas el Banrep le da la señal al mercado de una política monetaria restrictiva futura, que está asociada con una disminución de las compras de divisas. Las estimaciones del modelo *tobit* para un nivel de credibilidad bajo y alto reportan que, si el nivel de credibilidad es menor a 0,6, el canal de señales no opera en Colombia (2.ª columna del numeral A.4.3 del Anexo 4). Ahora, el canal de señales opera si el nivel de credibilidad de la política monetaria es superior a 0,6 (3.ª columna del numeral A.4.3 del Anexo 4).

## 2.3 Canal de microestructura

El canal de la microestructura o de flujo de órdenes actúa por medio de la información contenida en los flujos de órdenes de los demandantes u oferentes de divisas<sup>41</sup>. Este canal, al igual que el de portafolio, asume que los activos nacionales y extranjeros son sustitutos imperfectos. El mecanismo es el siguiente: la FXI modifica la oferta relativa de activos locales, mediante la presión que ejerce sobre el flujo total de órdenes de divisas durante un período determinado, y requiere un cambio en los retornos relativos esperados que induce variaciones en la tasa de cambio.

37 Cukierman y Meltzer (1986), King (1995) y Hofman (2020).

38 Nos basamos en Domínguez (1992).

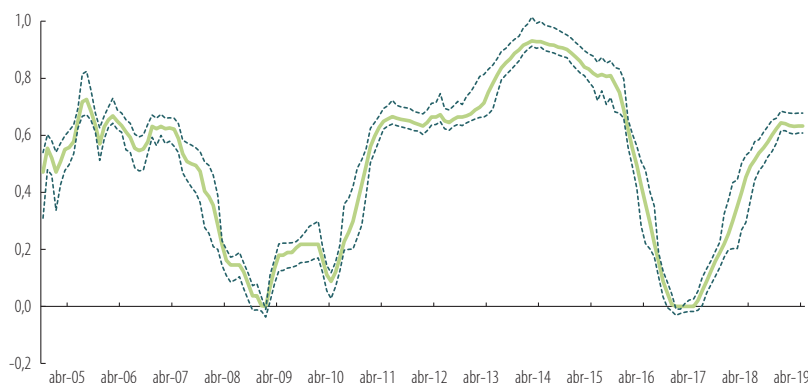
39 Algunos estudios empíricos que evalúan el canal de señales para economías pequeñas son Disyatat y Galati (2007), Kamil (2008), Mundaca (2011) y Adler *et al.* (2019).

40 El *CRED* acumulado se calcula como el promedio de los últimos doce meses del *CRED* mensual.

41 Lyons (2001), Evans y Lyons (2002), Domínguez (2003) y Bacchetta y Wincoop (2006).

## Gráfico 7 Índice acumulado anual de credibilidad de la política monetaria

Cuando la política monetaria goza de alta credibilidad, la intervención cambiaria constituye una señal para el mercado al proveer información a los agentes cuando existen sorpresas monetarias.



Nota: el índice toma el valor de 1 si la política monetaria tiene credibilidad total. Esto ocurre cuando las expectativas de inflación son iguales al punto medio del rango meta de inflación. El índice toma el valor de 0 si la política monetaria carece de credibilidad. Esto ocurre cuando las expectativas de inflación son mayores al punto superior del rango meta o son inferiores al punto inferior del mismo rango. El índice varía entre 0 y 1 cuando las expectativas de inflación se encuentran dentro del rango de la meta de inflación. Las líneas punteadas representan intervalos de confianza calculados con *bootstrapping* de máxima entropía.

Fuente: cálculos de los autores.

Pero ¿qué factores permiten que los flujos de órdenes expliquen el comportamiento de la tasa de cambio? Primero, la presencia de asimetría o heterogeneidad en la información por parte de los que intervienen en el mercado cambiario. Este factor hace que los agentes que participan en el proceso de negociación realicen sus órdenes de acuerdo con la información económica y financiera de que disponen y su manera de interpretarla. Segundo, la forma en que se ajustan los precios depende del grado de aversión al riesgo de los agentes en el mercado, incluyendo el de los IMC.

Recordemos que la teoría de microestructura supone que existe heterogeneidad de los negociadores en el mercado cambiario en cuanto a la información o señales de las que disponen o la manera como las interpretan, cuando ella es revelada. Así, ambos negociadores, informados y no informados, pueden influir la tasa de cambio mediante canales de portafolio o de señales en un grado que depende de la habilidad que tengan para diferenciar los “ruidos” de los fundamentales. La heterogeneidad de los negociadores conduce a una magnificación y persistencia endógena del impacto del “ruido” *vis-à-vis* los fundamentales sobre la tasa de cambio<sup>42</sup>. Por tanto, la intervención puede influir la tasa de cambio mediante las señales que le proporcione al mercado, o el canal de portafolio que permitan diferenciar entre movimientos macroeconómicos y cambiarios que provengan de fundamentales de aquellos que no.

¿Ha actuado el canal de microestructura en la FXI del Banco de la República? Para responder la pregunta recurrimos a un estudio de eventos que utiliza modelos de regresión robusto a la presencia de *outliers* generados por las fricciones de la microestructura o a las frecuencias de muestreo (numeral A.1.5 del Anexo 1). El modelo lo estimamos con información intradía entre enero de 2010 y abril de 2019. Consideramos frecuencias de muestreo de las transacciones intradía entre clientes e IMC que oscilan entre cinco minutos y dos horas (el numeral A.2.2 del Anexo 2 describe las variables y sus fuentes).

Una pregunta que puede emerger aquí es si en la escogencia de la frecuencia de muestreo tuvimos en cuenta aquella que se ajusta de la manera más eficiente a la presencia de información relevante y minimiza el *microstructure noise*, o error asociado a tener tanta información en intervalos de tiempo tan pequeños. La respuesta es sí. Tener la ventana de tiempo relevante de las transacciones intradía es un ejercicio informativo que resume la dinámica del día, lo cual es interesante por sí mismo; sin embargo, nosotros estudiamos la distribución de los efectos de los flujos de órdenes y por eso utilizamos ventanas de diferente longitud. Esto nos permite analizar el patrón de cambio en los efectos de los flujos ante las intervenciones y tener una medida *a priori* que compare la incertidumbre de los efectos entre los diferentes tipos de intervención. Así, aunque la presencia de *microstructure noise* es inevitable, la metodología econométrica que utilizamos es robusta a ese tipo de *noise* y permite minimizar su efecto en el sesgo de los estimadores.

42 Bacchetta y van Wincoop (2006).

Los resultados muestran que el canal de microestructura de la FXI sí ha actuado, es decir, los coeficientes de los flujos de órdenes a cada frecuencia de muestreo son estadísticamente significativos y positivos (numeral A.4.4 del Anexo 4). En los intervalos de baja frecuencia, que exceden media hora, el efecto de los flujos de órdenes, cuando está presente la intervención directa preanunciada, oscila entre 0,17% y 0,20%.

Por otra parte, el poder explicativo de los flujos de órdenes cuando no hay FXI es bajo y estadísticamente no significativo. No obstante, en las frecuencias altas, menos de media hora, el efecto de los flujos de órdenes sobre la tasa de cambio es aproximadamente 1,5 veces mayor en días donde el Banrep no intervino el mercado, comparado con días de intervención directa preanunciada. Cabe destacar que el tamaño del mercado cambiario tiene un efecto negativo sobre la tasa de cambio en todos los intervalos cuando está presente la intervención directa preanunciada, pero, cuando no hay FXI, el efecto desaparece en intervalos de baja frecuencia.

## 2.4 Resumen y principales hallazgos

En esta sección identificamos y evaluamos los principales canales de transmisión de la FXI: portafolio, señales y microestructura. Los resultados muestran que los canales de transmisión de la FXI evaluados han actuado en cierto grado durante los períodos analizados, a pesar de encontrar, como mostraremos enseguida, que el impacto de la intervención es pequeño. Es bueno resaltar que el canal de señales actúa únicamente cuando la política monetaria goza de un alto nivel de credibilidad. La actuación simultánea de los tres canales en algunos períodos podría ser una de las razones que explica por qué la mayoría de los tipos de FXI aumentan la volatilidad de la tasa de cambio en lugar de disminuirla, como se constatará en la siguiente sección.

## 3. Impactos cambiarios de la FXI y su duración

En esta sección evaluamos el impacto de la intervención cambiaria sobre el mercado cambiario; es decir, sobre la tasa de cambio, su volatilidad, la profundidad del mercado, tamaño o *turnover* y su liquidez, medido por el *bid-ask spread*. Hacemos también énfasis en la estimación de la duración del efecto de la intervención sobre el nivel de la tasa de cambio. Más específicamente, evaluamos el efecto de las intervenciones realizadas entre 2006-2019; es decir, las intervenciones denominadas: directa anunciada, regla de control de volatilidad, directa discrecional y directa preanunciada. La intervención oral se analizará en la sección 4. Para la realización de estas intervenciones el Ban-

rep ha utilizado dos grandes grupos de instrumentos: para la intervención discrecional realizó compras directas en el mercado *spot* de divisas, mimetizándose como otro agente del mercado<sup>43</sup>, mientras que las demás intervenciones han sido realizadas por medio de subastas de opciones *call* o *put* de divisas y subastas de compras directas preanunciadas.

### 3.1 Datos y metodología econométrica

Los datos consisten en información intradía de diversos indicadores que provienen de cuatro fuentes distintas (el numeral A.1.6 del Anexo 1 explica de manera pormenorizada la información utilizada, las fuentes y la metodología implementada). La primera es en el mercado *spot* de divisas en Colombia, de donde se obtuvieron el precio de cierre y las mejores ofertas de compra y venta o precios *bid-ask*, así como la cantidad negociada en el mercado o *turnover*. La segunda fuente es Bloomberg, de donde obtuvimos anuncios macroeconómicos en la encuesta de expectativas realizada por esa entidad y luego calculamos indicadores de sorpresas estandarizadas de los anuncios sobre inflación, tasa de política monetaria, confianza del consumidor y crecimiento del PIB para Colombia y Estados Unidos (numeral A.1.7 del Anexo 1). La tercera es el Banco de la República, de donde obtuvimos los montos y detalles de la intervención. Finalmente, utilizamos una medida diaria del control de capitales que se activaron durante la muestra de estudio en 2007 y 2008<sup>44</sup>.

Debido a que la profundidad del mercado *spot* se ha incrementado de manera importante durante el período que cubre la muestra, esta se dividió en tres submuestras. La primera cubre de marzo de 2006 y a diciembre de 2008, y se caracteriza por mediciones intradía cada diez minutos. La segunda se extiende entre mayo de 2007 y noviembre de 2011 y contiene mediciones cada siete minutos. Y la tercera y más reciente cubre entre enero de 2011 y octubre de 2019, con frecuencia de medición cada cinco minutos. El numeral A.3.2 del Anexo 3 reporta y describe las frecuencias y participaciones porcentuales de los distintos tipos de intervención, así como las estadísticas descriptivas y sus distribuciones para las tres submuestras.

Para lograr el objetivo realizamos una evaluación de la microestructura de la intervención cambiaria mediante un estudio de eventos, y utilizamos el flujo de información

43 La mimetización del Banrep como otro jugador dura vigente solo hasta el final de la jornada, cuando los agentes conocen la identidad de las contrapartes con las que realizaron sus cierres.

44 Tomada de Rincón (2000) y actualizada por Rincón y Toro (2010). El "control de capitales" se refiere al encaje no remunerado sobre el endeudamiento externo (URR).

que observan los intermediarios del mercado<sup>45</sup>. En el numeral A.1.8 del Anexo 1 se describe en detalle el modelo econométrico estimado<sup>46</sup>. El flujo de información macroeconómica controla los efectos cambiarios de las sorpresas macroeconómicas internas y externas; es decir, los fundamentales. Por último, como la volatilidad de los retornos intradía de la tasa de cambio tiene un componente estacional por el que hay que controlar a la hora de realizar las estimaciones, procedemos a realizarlo. La volatilidad se caracteriza por ser alta al inicio del día, luego se reduce rápidamente en la medida en que, simultáneamente, las puntas *bid* y *ask* se reducen y los montos negociados se incrementan (numeral A.1.9 del Anexo 1). Esta ‘sonrisa’ estacional es clara tanto en días de no intervención como en días de control.

La metodología de estudio de eventos con base en información intradía permite corregir o, por lo menos minimizar, el reconocido problema de simultaneidad de la intervención cambiaria. Los estudios con base en información intradía reducen de manera sustancial la correlación contemporánea de la intervención con la tasa de cambio, especialmente si la intervención se realiza por subasta. En estudios con datos de baja frecuencia (diaria, por ejemplo) el retorno se calcula con base en la tasa de cambio del día anterior a la cual la autoridad cambiaria posiblemente está respondiendo con la intervención y se genera la conocida correlación contemporánea de la intervención con el retorno diario. Cuando se analizan datos intradía, sin embargo, el retorno se calcula con base en la tasa de cambio del intervalo anterior, cinco minutos atrás, por ejemplo, a la cual la autoridad posiblemente no esté respondiendo. Esto es particularmente cierto cuando la intervención se realiza por subastas, ya que su operatividad requiere planeación e intercambio de información, lo cual lleva la decisión de intervenir más atrás que los cinco minutos. Así mismo, es altamente improbable que la autoridad cambiaria responda a cambios en minutos, situación en la que se podría generar la correlación contemporánea indeseada<sup>47</sup>.

Como se documentó, la literatura colombiana e internacional se ha concentrado principalmente en evaluar la

efectividad de la intervención y no han profundizado en el análisis de la magnitud y la duración de sus efectos o en diferenciar los impactos dependiendo del tipo de intervención utilizado, como lo hacemos aquí. Este será uno de nuestros principales aportes<sup>48</sup>.

## 3.2 Resultados

Los resultados se resumen en gráficos que muestran el efecto de una intervención en el minuto 0, un punto genérico para el momento en que se realizó la intervención. Con el fin de detectar la anticipación de los efectos mostramos el efecto de la intervención hasta cuatro horas antes (240 minutos), y para determinar efectos rezagados hasta cuatro horas después. Para determinar la significación estadística de los efectos, se muestra la banda de confianza del 95%. Los gráficos muestran el efecto sobre los retornos de la tasa de cambio del peso, la volatilidad, el *turnover* y el *bid-ask spread*. Adicionalmente, mostramos un gráfico con el efecto acumulado sobre los retornos; es decir, el efecto sobre el nivel de la tasa de cambio, con el fin de estimar la duración del impacto de la intervención. El lector podrá encontrar en el numeral A.4.19 del Anexo 4 un resumen de los valores exactos de los impactos de la FXI sobre el retorno de la tasa de cambio y su volatilidad y la significación estadística de los coeficientes, 240 minutos antes y 240 minutos después del minuto 0, para todos los distintos tipos de intervención e instrumentos. Allí también encontrarán el resumen de la dirección de los impactos sobre el *turnover* y el *BAS* para los intervalos de tiempo señalados y su significación estadística antes, en el momento de la intervención y luego de esta.

En la submuestra de 2006 a 2008 se observa que la FXI no afecta el retorno de la tasa de cambio en el momento de la intervención (Gráfico 8, panel A), y que el efecto acumulado o impacto sobre el nivel de la tasa es también estadísticamente nulo (Gráfico 8, panel B). Lo que sí ocurre es que la FXI afecta el retorno unos minutos antes y después del minuto 0.

El lector se preguntará, ¿qué explica, entonces, que el impacto de la intervención sea estadísticamente significativo 40 minutos antes de que esta se materialice, si ella se anunciaba, en el caso de las subastas de compras directas preanunciadas presentes en esta submuestra, solo dos minutos antes (la subasta se realizaba entre los minutos 3 y 5 y el resultado de la subasta se revelaba a partir del minuto 6)?

45 De acuerdo con Bejarano-Salcedo *et al.* (2020), los modelos de microestructura vienen en dos cepas: los que se basan en el flujo de información que reciben los agentes heterogéneos que negocian en el mercado (Domínguez, 2006; secc. 2) y los que se originan en los cambios de inventarios y flujo de órdenes de moneda extranjera de los intermediarios del mercado cambiario (Lyons, 2001), como lo estudiamos en la sección 2. Para analizar el efecto de la intervención, los primeros se implementan por medio de análisis de eventos y los segundos de la relación de los inventarios y la intervención con los precios presentes y futuros del mercado. Véase también Andersen *et al.* (2003).

46 Seguimos a Domínguez (2003, 2006) y Fuentes *et al.* (2014).

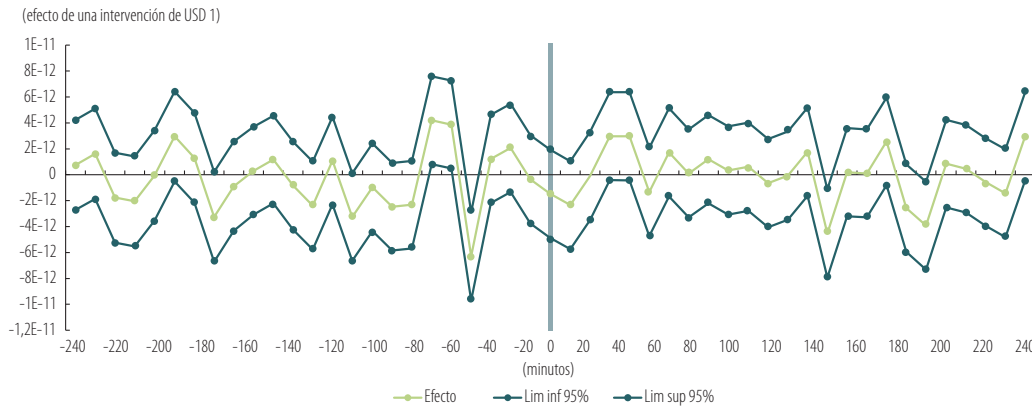
47 Véase Domínguez (2003, 2006), Fuentes *et al.* (2014) y Bejarano-Salcedo *et al.* (2020).

48 Parte de la justificación de esta metodología, es que “cuando se combinan este tipo de modelos [de microestructura] y [altas] frecuencias de medición con la hipótesis de mercados eficientes es posible dar respuesta sobre el efecto de la intervención en el mediano a largo plazo” (Bejarano-Salcedo *et al.*, 2020). Como lo predice la hipótesis de mercados eficientes, los “precios reflejan completamente toda la información disponible” para los agentes del mercado (Fama, 1995).

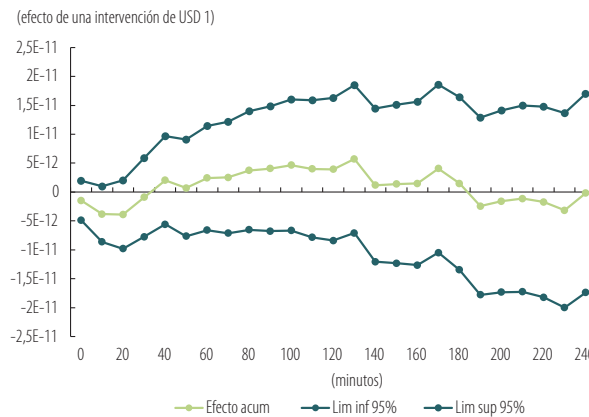
**Gráfico 8**  
**Efecto de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio (2006-2008)**

Entre 2006 y 2008 el efecto de la intervención sobre la tasa de cambio no es estadísticamente significativo en el minuto 0 y el efecto acumulado es estadísticamente nulo.

**A. Efecto de la intervención sobre los retornos intradía**



**B. Efecto acumulado de la intervención**



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto "0". El panel A muestra el efecto de la intervención sobre los retornos intradía y el panel B su efecto acumulado, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio.

Fuente: estimaciones de los autores.

Además, ¿cómo se explica que el impacto resulte significativo 140 y 190 minutos después? Los resultados sugieren que los agentes predicen la hora de la subasta y actúan con base en esa información en el mercado y, como resultado, pueden afectar la tasa de cambio con anticipación. Esto también ocurre con las sorpresas macroeconómicas<sup>49</sup>. Lo que ocurre después de la intervención es un reajuste de los

agentes del mercado a la nueva información que suministra la intervención y a la reacción de los otros agentes ante esta.

La volatilidad de la tasa de cambio, por su parte, se reduce en algunos instantes antes de la intervención, aumenta en el minuto 0 y luego aumenta o disminuye en algunos momentos (numeral A.4.5 del Anexo 4). Así, una FXI de USD 100 millones (0,03% del PIB) aumenta la volatilidad de la tasa de cambio en 0,023%. A su vez, el *turnover* no muestra ningún efecto antes durante o después de la intervención, mientras que el impacto sobre la *bid-ask spread* (BAS), es pequeño y significativo en algunos instantes antes y después de la intervención.

49 Estos dos resultados no son novedosos en la literatura y puede encontrarse en Andersen *et al.* (2003) y Domínguez (2003, 2006). Por ejemplo, Domínguez (2006) muestra cómo los agentes del mercado anticiparon en una hora las intervenciones del "Grupo de los 3" que analizó y el efecto duró por dos horas más (Domínguez, 2006, Fig. 4, página 1063).

Cuando se evalúa por tipo, la intervención directa discrecional, por ejemplo, no impacta la tasa de cambio, incrementa su volatilidad y el *turnover*, al tiempo que disminuye el *BAS* en el momento en que ocurre (numeral A.4.6 del Anexo 4). Por su lado, la intervención preanunciada incrementa la tasa de cambio y su volatilidad, y no tiene impacto sobre el *turnover* ni el *BAS*. Para ilustrar este caso y su duración observamos que una compra preanunciada de USD 100 millones aumenta la tasa de cambio en el minuto 0; es decir, deprecia el peso en 0,485% (numerales A.4.8 y A.4.19 del Anexo 4). Recordemos que en promedio la intervención material diaria fue de USD 25 millones entre 2006 y 2019. Si se tienen en cuenta únicamente las compras, sin diferenciar el tipo o instrumento utilizado, la FXI promedio fue de USD 28 millones en el mismo período. Ahora, ¿qué ocurre con la volatilidad en este período cuando está presente la intervención preanunciada? Para el mismo tamaño de intervención, la volatilidad aumenta 0,288%.

Es bueno resaltar que cuando las intervenciones *call* y *put* de control de volatilidad de la tasa de cambio están presentes en esta submuestra, su volatilidad disminuye minutos antes del minuto 0, no tienen efecto en el minuto 0, y luego aumenta, en particular las *call* (numerales A.4.7, A.4.9 y A.4.19 del Anexo 4).

En la submuestra de 2007 a 2011, cuando estuvieron presentes la intervención preanunciada y se activó en varias ocasiones la regla de control de volatilidad, se observa que una FXI de USD 100 millones deprecia el peso en el minuto 0 en 0,022% (Gráfico 9, panel A). Algunos instantes previos y posteriores a la intervención el impacto es estadísticamente significativo, aunque pequeño (numerales A.4.10 y A.4.19 del Anexo 4). Por otra parte, se observa que el efecto dura 28 minutos (Gráfico 9, panel B). Por otro lado, una FXI del mismo tamaño reduce la volatilidad en 0,012% en el minuto 0, aumenta el *turnover* y reduce el *BAS*.

Las operaciones de compra directa preanunciada deprecian el peso al minuto 0 y su depreciación dura 42 minutos (numerales A.4.11 y A.4.19 del Anexo 4). Estas operaciones disminuyen la volatilidad y el *BAS*, y aumentan el *turnover* al momento de la intervención.

Las opciones *put* de control de volatilidad no tienen efecto sobre la tasa de cambio al minuto 0, como se esperaría, pero sí aprecian el peso algunos minutos antes y después (numerales A.4.12 y A.4.19 del Anexo 4). Para este tipo de intervención y en esta submuestra no se encuentran efectos acumulados. El impacto sobre la volatilidad es nulo al minuto 0, pero la aumenta antes y la reduce después. En ese mismo momento no hay efecto sobre el *turnover*, pero el *BAS* aumenta.

Por su parte, las opciones *call* de control de volatilidad no tienen efecto sobre la tasa de cambio al minuto 0, pero sí deprecian el peso algunos minutos antes y lo aprecian unos minutos después (numerales A.4.13 y A.4.19 del Anexo 4). Este tipo de intervención tampoco tienen efecto sobre la volatilidad ni sobre el *turnover* al momento de la intervención, pero ambos se reducen antes y únicamente la volatilidad después. Por su lado, el *BAS* se reduce todo el tiempo.

Las opciones *put* de acumulación de reservas, es decir, la intervención directa anunciada, no impacta la tasa de cambio al minuto 0, pero aprecia el peso a lo largo del día (numerales A.4.14 y A.4.19 del Anexo 4). La volatilidad y *turnover* no se afectan al momento de la intervención; sin embargo, aumentan antes y después. Por el contrario, el *BAS* se reduce antes y después.

Durante la submuestra de 2011 a 2019, cuando se utilizaron intervenciones directas preanunciadas y anunciadas, una FXI de USD 100 millones deprecia el peso al instante en 0,012% (Gráfico 10, panel A) y el efecto acumulado perdura por algunos minutos (Gráfico 10, panel B). La FXI del mismo tamaño reduce la volatilidad en 0,012%. Por su parte, el *BAS* se reduce y el *turnover* aumentan al minuto 0 (numerales A.4.15 y A.4.19 del Anexo 4).

Las compras directas preanunciadas, la intervención mayoritariamente presente durante esta submuestra, aprecian el peso antes de la intervención, lo deprecian en el instante y lo vuelven a apreciar después. La depreciación dura unos minutos, luego se aprecia por otros cuantos y, por último, el efecto acumulado se vuelve nulo (numerales A.4.16 y A.4.19 del Anexo 4). La volatilidad y el *BAS* se reducen antes, al instante y después de la intervención. El efecto sobre el *turnover* es positivo antes y al instante de la intervención, pero negativo después.

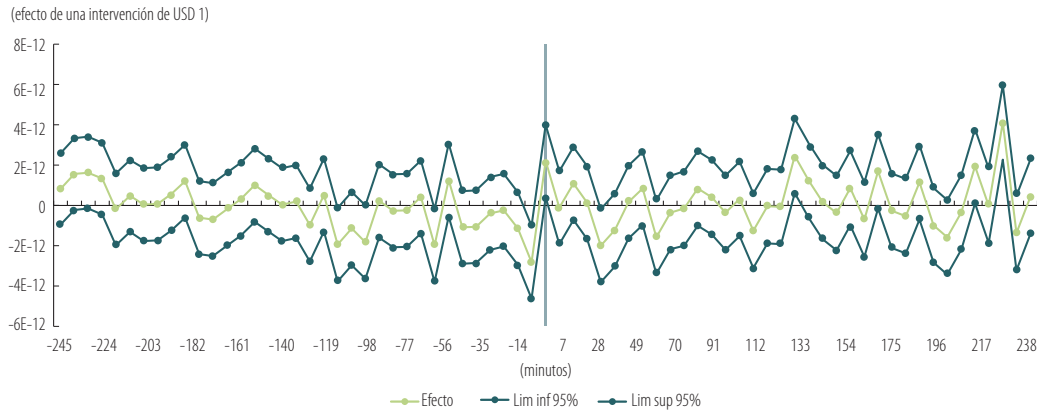
Las opciones *put* de acumulación de reservas no impactan la tasa de cambio al minuto 0 ni antes ni después, por tanto, su efecto acumulado sobre el peso es nulo (numerales A.4.17 y A.4.19 del Anexo 4). Tampoco tiene efecto sobre su volatilidad. El *turnover* y el *BAS* aumentan antes y después de la intervención.

Por último, las opciones *call* de desacumulación de reservas deprecian el peso al instante de la intervención, contrario a lo esperado, y la depreciación dura, con algunas intermitencias, hasta tres horas (numerales A.4.18 y A.4.19 del Anexo 4). Este tipo de intervención reduce la volatilidad antes, al momento de la intervención y después, como se espera si el mercado está ilíquido. No hay impacto sobre el *turnover* ni el *BAS* al minuto 0, pero sí los reduce antes y después. Este último resultado es consistente con lo encontrado para la volatilidad.

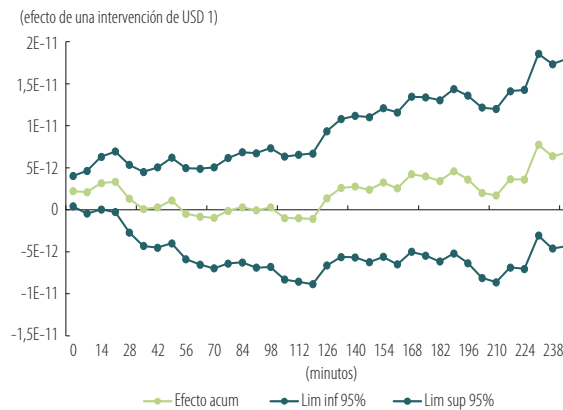
**Gráfico 9**  
**Efecto de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio (2007–2011)**

Entre 2007 y 2011 el impacto de la intervención sobre el retorno de la tasa de cambio es significativo y genera una depreciación en el minuto 0. El efecto tiene una persistencia que dura apenas 28 minutos luego de la intervención.

**A. Efecto de la intervención sobre los retornos intradía**



**B. Efecto acumulado de la intervención**



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0. El panel A muestra el efecto de la intervención sobre los retornos intradía y el panel B su efecto acumulado, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio.

Fuente: estimaciones de los autores.

Finalmente, los resultados de las respuestas al inicio del día de la intervención, no reportados en el artículo, son los siguientes: la tasa de cambio se afecta, pero el tamaño del efecto es económicamente pequeño y perdura solo unos minutos. La volatilidad de la tasa de cambio y el *turnover* responden de manera variada. La respuesta del *BAS* es consistente con un incremento temporal alrededor del inicio de la sesión, pero el efecto se disuelve minutos después.

**3.3 Resumen y principales hallazgos**

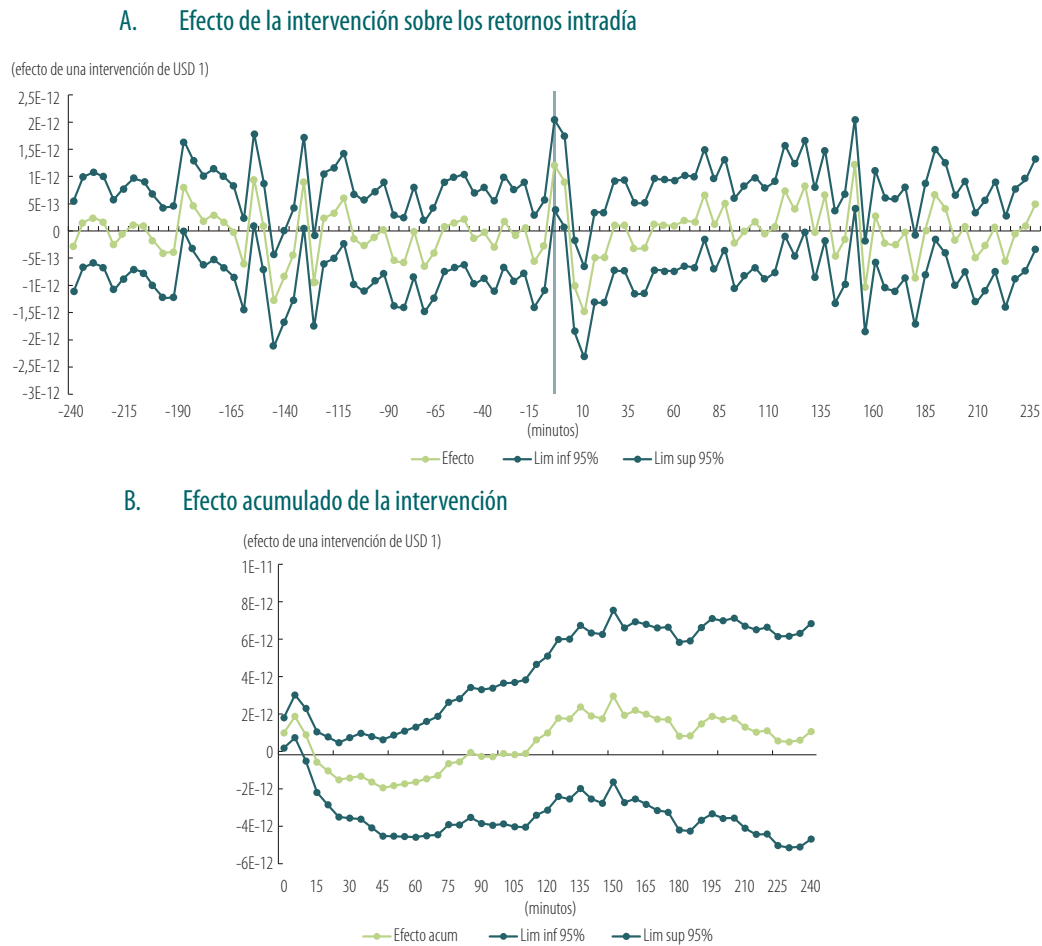
En esta sección evaluamos el impacto de la intervención cambiaria sobre la tasa de cambio y su duración, y sobre su volatilidad, la profundidad del mercado cambiario y su liquidez.

Los hallazgos indican que, sin importar el tipo o instrumento utilizado, las FXI tienen un impacto limitado o nulo

y de muy corta duración sobre la tasa de cambio. La FXI cuyo objetivo es la atenuación de la volatilidad de la tasa de cambio no cumple su cometido, es decir, no la reduce. Por su lado, la intervención directa preanunciada deprecia el peso en mínimo grado y reduce su volatilidad, en dos de las tres submuestras analizadas. Algunos tipos de intervención, por ejemplo, las opciones de control de volatilidad, no la reducen en el momento de la intervención, pero sí la aumentan antes de que ocurra y no necesariamente la reducen después. Así, estas opciones parecerían estar diseñadas para proveer cobertura bajo circunstancias extremas y no para controlar la volatilidad natural de una variable financiera como la tasa de cambio, como lo corroboran nuestros resultados. Sin embargo, sí crean un costo, que consiste en desincentivar el desarrollo del mercado de derivados, porque el Banrep es el que lo ofrece ante movimientos fuertes de la tasa de cambio.

En cuanto al impacto de la FXI sobre el *turnover* y el *bid-ask spread*, los resultados no son concluyentes, en el sentido de que no responden a un patrón general o a un comportamiento predicho por la teoría ante los distintos tipos de intervención, como ocurre con la tasa de cambio. Por ejemplo, se espera que, si la política monetaria sea altamente creíble, el canal de señales actúa y la volatilidad cambiaria se reduce, y el *turnover* y la liquidez del mercado aumentan o, lo mismo, el *bid-ask spread* disminuye. Sin embargo, en la mayoría de los casos los efectos de la FXI sobre el *turnover* o el *bid-ask spread* son estadísticamente no significativos al impacto, o aumentan o disminuyen antes y después de las intervenciones, sin un patrón determinado.

**Gráfico 10**  
Efecto de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio (2011-2019)



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0. El panel A muestra el efecto de la intervención sobre los retornos intradía y el panel B su efecto acumulado, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio.

Fuente: estimaciones de los autores.

## 4. Intervención oral e impacto cambiario

Un tipo de intervención cambiaria que no se encuentra referido casi en ningún documento de las autoridades, en especial de países emergentes, ni en la literatura especializada es el de la intervención oral. En esta sección la definimos y, de manera novedosa, evaluamos el impacto que ha tenido sobre la tasa de cambio en Colombia.

**¿Qué es la intervención oral?** La intervención oral se refiere a los anuncios o noticias y comunicados oficiales relacionados con el mercado de divisas realizados por las autoridades cambiarias, como el gerente general del Banrep o los demás miembros de la Junta Directiva, y por el ejecutivo, en cabeza del presidente de la República o el ministro de Hacienda, con el objetivo de incidir sobre el comportamiento de la tasa de cambio. Estos son divulgados por los medios de comunicación o por comunicados de prensa oficiales, y no necesariamente están respaldados con intervenciones materiales, las cuales fueron analizadas en la sección anterior y lo seguiremos haciendo en las siguientes.

**¿Por qué es importante estudiar la intervención oral?** Por el creciente uso de esta estrategia por parte de las autoridades de economías avanzadas al momento de incidir sobre el comportamiento del mercado cambiario. Aunque la poca evidencia relacionada con su efectividad ha arrojado conclusiones mixtas, esta se limita a economías avanzadas, pero como dijimos, las intervenciones orales se han convertido en un instrumento central de dichas autoridades para transmitir información al mercado, en concordancia con los canales de señales y microestructura previamente estudiados<sup>50</sup>.

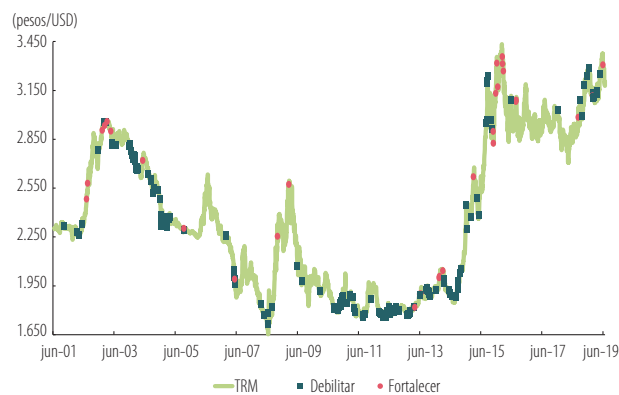
### 4.1 Datos y metodología econométrica

El estudio de la intervención oral se realiza con información diaria entre enero de 2000 y abril de 2019. El numeral A.2.1 del Anexo 2 describe las variables y las fuentes, y la manera como construimos la variable que mide los anuncios. La información de los anuncios de autoridades mencionadas se obtiene mediante búsquedas en el servicio electrónico de la agencia de noticias Reuters, que a su vez contiene múltiples fuentes nacionales e internacionales. En total, consideramos 195 intervenciones orales, 141 correspondientes a anuncios o

noticias y 54 a comunicados de prensa del Banrep. Todos los pormenores sobre la manera como se construyen las variables utilizadas, sus fuentes de información y metodología utilizada se encuentran explicados en el numeral A.2.3 del Anexo 2. El lector notará que la variable *NEWS*, construida para evaluar el canal de portafolio, es la misma que se utiliza en esta sección como la variable que mide los anuncios o noticias. El Gráfico 11 muestra la distribución de las intervenciones orales a lo largo del período e indica la intención atribuida a cada una, en el sentido de buscar debilitar o fortalecer el peso frente al dólar<sup>51</sup>. Se observa que, en general, las intervenciones orales se han orientado a debilitar el peso, lo que sugiere una mayor intervención de este tipo en momentos de apreciación.

### Gráfico 11 Intervenciones orales en el mercado cambiario colombiano según la intención atribuida (debilitar o fortalecer el peso)

Entre enero de 2000 y abril de 2019 a la mayoría de las intervenciones orales en el mercado cambiario colombiano se les atribuye la intención de debilitar el peso frente al dólar de Estados Unidos.



Nota: las intervenciones orales dirigidas a debilitar(fortalecer) corresponden a declaraciones públicas de autoridades cambiarias o comunicados oficiales emitidos por el Banco de la República, cuya interpretación se asocia con una intención de depreciar(apreciar) el peso colombiano con respecto al dólar estadounidense.

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

La evaluación del impacto de la intervención oral sobre la tasa de cambio la hacemos acudiendo a un estudio de eventos. Para ello realizamos pruebas de hipótesis de seis tipos diferentes: dirección, reversión, suavizamiento, emparejamiento, rango y volatilidad (Recuadro 2).

También construimos submuestras dependiendo de si las intervenciones orales fueron anuncios noticiosos o

50 Mussa (1981), Fratzscher (2008a) y Sarno y Taylor (2001). Estudios que encuentran evidencia de la efectividad de la intervención oral sobre la tasa de cambio son: Fratzscher (2006, 2008b), Sakata y Takekida (2013); Mpofu y Peters (2017), Zhang *et al.* (2017) y Mirkov *et al.* (2019). Evidencia en contra se encuentra en Jansen y De Haan (2007) y Dewatcher *et al.* (2014). Tapia y Tokman (2004) muestra evidencia en contra para Chile. Stone *et al.* (2009) encuentran que la intervención oral es más efectiva que las intervenciones materiales en el caso de Brasil. Chamon (2015) encuentran un resultado similar para México.

51 Las pruebas estadísticas que realizamos requieren establecer la intención de fortalecer o debilitar el peso frente al dólar estadounidense. Por esta razón, no se incluyen aquellos casos en donde consideramos que podía haber ambigüedad al respecto. La intención de cada intervención se atribuyó con base en la interpretación inicial del texto (de la declaración o el comunicado) por parte de dos asistentes de investigación de forma independiente y la posterior revisión independiente de dos de los autores. Detalles adicionales de la metodología y las pruebas realizadas se encuentran en el numeral A.2.3 del Anexo 2 y en el Recuadro 2.

comunicados oficiales de prensa, de si su intención era fortalecer o debilitar el peso, del cargo de la persona que hace el anuncio correspondiente y del tipo de instrumentos de intervención material que estaba siendo utilizado cuando se identificó la intervención oral (Gráfico 12).

Para las pruebas de dirección, reversión, suavizamiento, emparejamiento y rango empleamos las siguientes submuestras<sup>52</sup>:

- i. Todas las intervenciones orales.
- ii. Intervenciones orales dirigidas a debilitar o depreciar el peso.
- iii. Intervenciones orales dirigidas a fortalecer o apreciar el peso.
- iv. Incluye únicamente noticias reportadas en Reuters.
- v. Incluye únicamente comunicados de prensa del Banco de la República.
- vi. Noticias cuya intención es debilitar el peso.
- vii. Comunicados cuya intención es debilitar el peso.
- viii. Noticias cuya intención es fortalecer el peso.
- ix. Comunicados cuya intención es fortalecer el peso.

## 4.2 Resultados

El Gráfico 12 muestra el valor-*p* para cada una de las pruebas realizadas (624 en total). La línea roja indica el 5% de significación estadística, es decir, las observaciones que están por debajo de la línea son estadísticamente significativas, de lo contrario no lo son a ese nivel. Por ejemplo, solo en cuatro casos para la prueba de dirección y en diez para la prueba de rango se observa un efecto estadísticamente significativo; en las demás pruebas no hay ningún otro caso significativo al 5%. Esto quiere decir que no hay evidencia contundente para afirmar que las intervenciones orales tengan un efecto estadísticamente significativo sobre la tasa de cambio. Como dijimos, este mismo hallazgo se mantiene para todas las submuestras.

52 Las pruebas de emparejamiento y rango requieren la separación de los eventos de acuerdo con la intención de las intervenciones orales. Por tanto, no se implementan para las submuestras en las que se combinan ambas intenciones, correspondientes a los numerales i., iv. y v.

Para verificar si los resultados dependen del cargo de la autoridad cambiaria, los ejercicios se realizaron para una submuestra compuesta por intervenciones orales hechas por el gerente del Banrep, el ministro de Hacienda o el presidente de la República, respectivamente. El número de intervenciones orales de los demás miembros de la Junta Directiva del Banrep es relativamente reducido. Por tanto, no se realizaron ejercicios para esos casos. Los resultados indican que al 5% de significación estadística, para ninguno de los cargos examinados se encuentra evidencia robusta de que sus intervenciones orales tengan efecto sobre la tasa de cambio<sup>53</sup>.

Los tipos e instrumentos de la intervención material que se analizaron, para los momentos que se identificaron las intervenciones orales, fueron las subastas de opciones de control de volatilidad, subastas de opciones *put* de acumulación e intervenciones directas discrecionales. Los resultados de estas pruebas muestran que tampoco hay evidencia de impacto de la intervención oral sobre la tasa de cambio, aún si se controla por el tipo e instrumento de la intervención material presente. Los resultados de todas las pruebas mencionadas no se muestran, pero pueden ser solicitadas a los autores.

El último conjunto de pruebas corresponde a las de volatilidad, que examinan si las intervenciones orales tienen un impacto sobre la varianza de la tasa de cambio. En este caso realizamos 144 pruebas. Al 5% de significación estadística hay evidencia de reducción en la volatilidad solo en ocho casos (Gráfico 13). Por tanto, concluimos que no hay evidencia robusta que indique que las intervenciones orales generen reducciones de la volatilidad cambiaria.

## 4.3 Resumen y principales hallazgos

En esta sección definimos la intervención oral y evaluamos el impacto que ha tenido sobre la tasa de cambio en Colombia. Los resultados encontrados muestran que, para el caso colombiano, no hay evidencia robusta de la existencia de impacto de las intervenciones orales ni sobre la tasa de cambio ni sobre su volatilidad. La conclusión surge de manera consistente a lo largo del conjunto de muestras analizadas e independientemente de las ventanas de tiempo consideradas para la definición de los eventos, del cargo de la autoridad que hace el anuncio o del tipo o instrumento de intervención material presente.

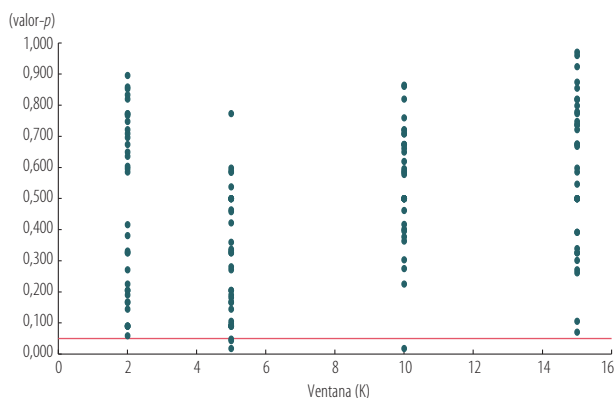
53 Cuando el tamaño de la submuestra era superior a diez se realizaron pruebas con base en la intención de la intervención oral (debilitar o fortalecer) y el canal de difusión, noticias o comunicados. Estas pruebas se encuentran disponibles y pueden ser solicitadas a los autores. Los resultados de estas refuerzan las conclusiones halladas en los ejercicios presentados.

Gráfico 12

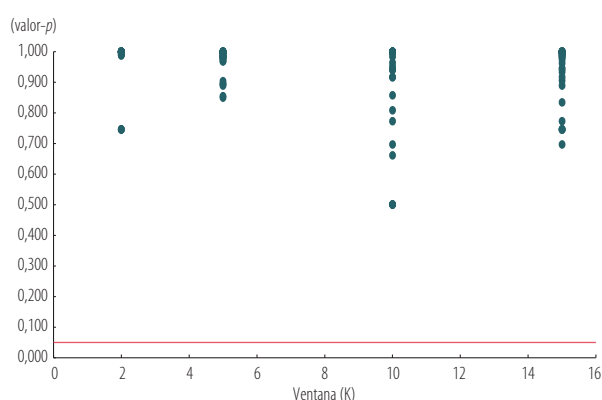
Valor-p de las pruebas realizadas para analizar el impacto de la intervención oral sobre la tasa de cambio

Las múltiples pruebas realizadas usando cinco criterios diferentes (dirección, reversión, suavizamiento, emparejamiento y rango) no evidencian que las intervenciones orales tengan un efecto estadísticamente significativo sobre la tasa de cambio.

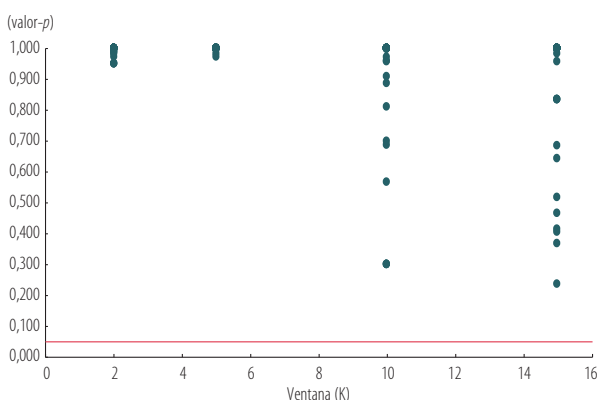
A. Dirección



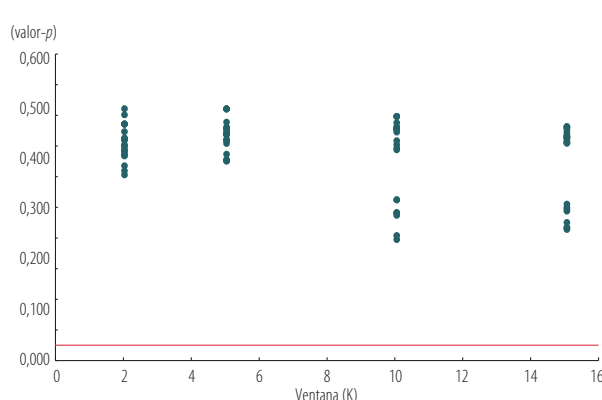
B. Reversión



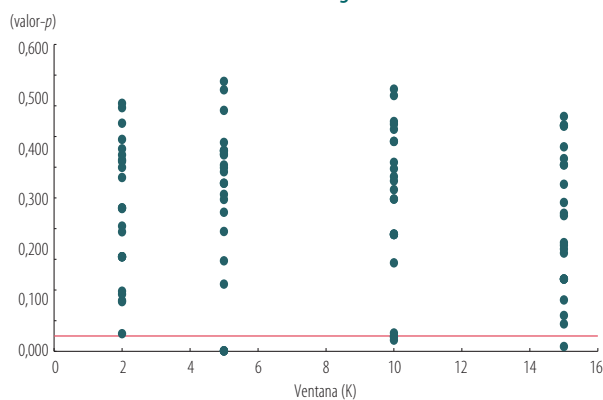
C. Suavizamiento



D. Emparejamiento



E. Rango

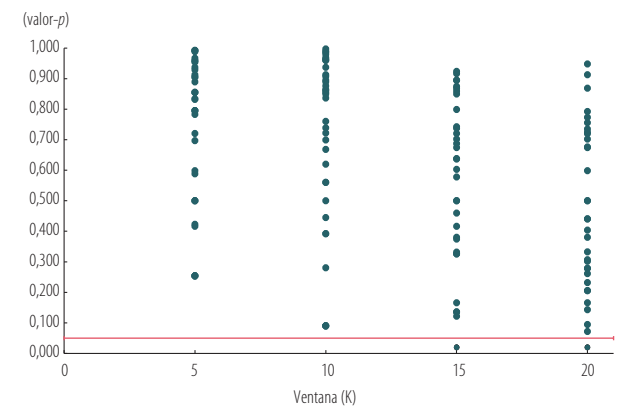


Nota: la unidad de medida es la fracción. Los detalles metodológicos de los cinco tipos de pruebas realizadas se describen en el Recuadro 2. Las líneas rosadas indican el 5% de significación estadística. Cada punto señala el valor-p de la prueba (correspondiente a cada panel), para un valor específico de la amplitud de las ventanas pre y poseventa ( $k = 2, 5, 10$  y  $15$ , véase Recuadro 2) y para una submuestra específica (las submuestras se describen en los incisos i. a ix. de la subsección 4.1).

Fuente: estimaciones de los autores.

### Gráfico 13 Valores-*p* de las pruebas realizadas para analizar el impacto de la intervención oral sobre la volatilidad de la tasa de cambio

Las múltiples pruebas realizadas no evidencian que las intervenciones orales tengan un efecto estadísticamente significativo sobre la volatilidad de la tasa de cambio.



Nota: la unidad de medida es la fracción. Los detalles metodológicos de las pruebas de volatilidad realizadas se describen en el Recuadro 2. La línea rosada indica el 5% de significación estadística. Cada punto señala el valor-*p* de la prueba, para un valor específico de la amplitud de las ventanas pre y posevento ( $k = 5, 10, 15$  y  $20$ , véase Recuadro 2) y para una submuestra específica (las submuestras se describen en los incisos i. a ix. de la subsección 4.1).

Fuente: cálculos de los autores.

Debemos recalcar que, a partir de la revisión de la literatura sobre el tema, no encontramos elementos que señalen que los resultados obtenidos puedan atribuirse a un problema de comunicación o de oportunidad. Es importante también resaltar que, como se mencionó, nuestros resultados son robustos cuando separamos los anuncios entre dos tipos muy diferentes de comunicación: la que procede de declaraciones ante medios y la que proviene de comunicados oficiales. Con base en lo anterior y en algunos elementos que mencionamos a continuación, planteamos la consideración de que la explicación de los resultados de la presente sección puede estar relacionada con el tema de la credibilidad imperfecta de los anuncios, asunto que es tratado también en la subsección 2.2 del artículo.

En las economías avanzadas, la intervención oral ha tomado mayor relevancia como instrumento de intervención cambiaria, mientras que, en economías emergentes como la colombiana, las intervenciones orales tienden a ser menos usadas y orientadas a informar sobre la estrategia de intervención material (*i. e.*: los montos o tipos de intervención), dado que se da prelación a dicha intervención sobre la oral<sup>54</sup>. Esto puede indicarnos que las autoridades de los países desarrollados tienen evidencia de (o al menos perciben) un mayor beneficio neto de recurrir principalmente a intervenciones orales. Una potencial explicación

de lo anterior puede estar en las diferencias de la fortaleza de las instituciones entre países desarrollados y economías emergentes y, por tanto, en los niveles de credibilidad de los anuncios de sus autoridades.

En un modelo teórico, entre menor sea el nivel de credibilidad que otorgan los agentes del mercado a los anuncios cambiarios, mayor es el tamaño de la intervención material que un banco central debe realizar para poder afectar significativamente la tasa de cambio<sup>55</sup>. En otras palabras, entre menor sea el nivel de credibilidad, más peso tiene la intervención material y menos efectiva resulta por sí sola la intervención oral. Esto lo corroboramos para las intervenciones materiales en la sección 2, ya que el canal de señales de la intervención no actúa para rangos bajos de credibilidad.

Sin embargo, y, por último, es importante mencionar también que nuestros resultados para el caso colombiano coinciden con otros de la literatura internacional que evidencian la poca efectividad de la intervención oral por parte del Banco Central Europeo<sup>56</sup>. Una excepción es el caso de China, donde las intervenciones orales son más frecuentes y orientadas a reducir la volatilidad ante las presiones de Estados Unidos por la depreciación de la tasa de cambio<sup>57</sup>.

## 5. Estructura del mercado cambiario y FXI

En esta sección respondemos la siguiente pregunta: ¿cuál es la estructura del mercado cambiario colombiano y cómo afecta el traspaso de la intervención cambiaria? Así, analizamos la composición del mercado, los montos negociados, la concentración por tipo de intermediario y los costos asociados a dichas operaciones y, por último, evaluamos cómo la estructura afecta el traspaso cambiario de la intervención.

La estructura del mercado cambiario ha sido identificada como un canal determinante de la efectividad de la FXI; por tanto, un análisis del impacto de la intervención sobre la tasa de cambio debe involucrar las características mismas del mercado cambiario, como el tamaño y las posiciones netas de los participantes. Es posible que la baja liquidez y el tamaño relativamente pequeño de los mercados de divisas puedan incrementar la efectividad y el impacto de la FXI, porque las autoridades cambiarias de los países de mercados emergentes podrían tener una mejor comprensión de las condiciones del mercado agregado si los mercados locales no están muy desarrollados y los agentes

54 Véase Neely (2008), Daude *et al.* (2016) y Fratzscher *et al.* (2019).

55 Este punto es ilustrado por Gómez-González *et al.* (2016).

56 Véase a Jansen y Haan (2007).

57 Consúltese a Zhang y Zhang (2017).

locales no están bien informados<sup>58</sup>. Esto genera una ventaja para las autoridades, ya que brinda una mejor imagen de los flujos agregados y de los agentes con grandes posiciones abiertas netas. En este contexto, la intervención puede implementarse de manera que aumente potencialmente su impacto en el mercado. De hecho, cuando el tamaño del mercado de divisas es limitado y está concentrado en un número relativamente pequeño de agentes, es probable que el tipo de cambio sea volátil si las autoridades monetarias no brindan señales claras y creíbles al mercado, como lo verificamos en la sección 2.

### 5.1 Estructura del mercado cambiario colombiano, operación y evolución

De acuerdo con la encuesta trianual del Bank for International Settlements (BIS), entre 2001 y 2019 los montos nominales transados diariamente en promedio en los mercados de divisas tanto de contado (*spot*) como de derivados han aumentado en las principales economías de la región (Gráfico 14)<sup>59</sup>. Así mismo, se estima que las transacciones diarias negociadas en estos mercados a nivel global se ubicaron en USD 6.590 miles de millones en 2019 (30% corresponden a transacciones del mercado de contado).

58 Ver Archer, 2005; Disyatat y Galati, 2007.

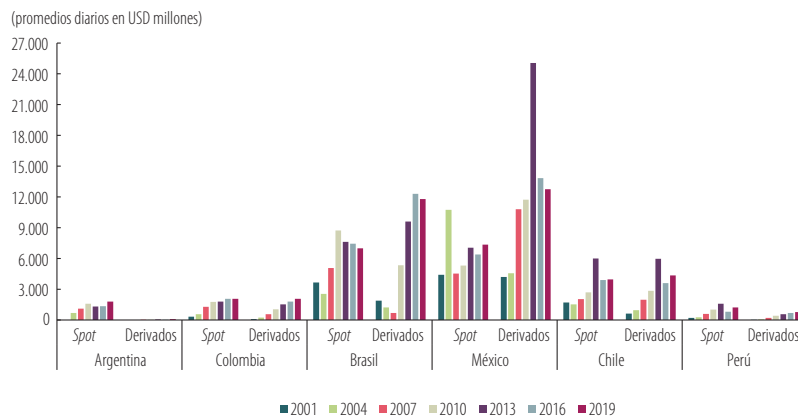
59 El mercado de derivados incluye negociaciones de *forwards*, opciones, *FX swaps* y *swaps* de moneda. La encuesta únicamente incluye las operaciones de derivados distintas a aquellas negociadas en bolsa.

En Colombia el monto nominal transado diariamente en promedio en el mercado de contado durante 2019 se ubicó en USD 2.072,3 millones (0,64% del PIB) y el del mercado de derivados en USD 2.071,7 millones (0,64% del PIB). En relación con el segmento de derivados de moneda del mercado cambiario, se puede identificar que, al igual que en la mayoría de los países de la región, el instrumento más transado es el *forward* peso-dólar, que en 2019 alcanzó el 92% del volumen total negociado en el país, seguido de las opciones (Gráfico 15).

En particular, el mercado cambiario del país está constituido por la totalidad de las divisas transferidas o negociadas: *i*) por medio de los agentes autorizados o intermediarios del mercado cambiario (IMC). Los IMC son los establecimientos bancarios, corporaciones financieras, compañías de financiamiento, cooperativas financieras, sociedades comisionistas de bolsa, entre otras entidades, autorizados por el regulador; *ii*) a través de las cuentas en el exterior que se encuentran registradas en el Banrep, y *iii*) aquellas que se canalicen voluntariamente a través del mercado cambiario. En Colombia los IMC pueden celebrar operaciones de compra y venta de divisas con otros IMC, con el Banrep, con el Ministerio de Hacienda y con sus clientes, los cuales pueden ser entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera, tales como fiduciarias, administradoras de fondos de pensiones y cesantías (FPC) y aseguradoras, y entidades no residentes y entidades del sector real, además de personas naturales.

#### Gráfico 14 Montos nominales transados en el mercado cambiario

Entre 2001 y 2019 los montos nominales transados diariamente en promedio en los mercados de divisas tanto de contado (*spot*) como de derivados han aumentado en las principales economías de la región.



Nota: el mercado de derivados incluye negociaciones de *forwards*, opciones, *FX swaps* y *swaps* de moneda. La encuesta únicamente incluye las operaciones de derivados distintas a aquellas negociadas en bolsa. Para el mercado *spot* se tienen en cuenta las operaciones  $t + 0$  y las del mercado *next day* (las operaciones con cumplimiento  $t + 1$ ,  $t + 2$  y  $t + 3$ ).

Fuente: Bank for International Settlements.

**Gráfico 15**  
Montos nominales transados en el mercado colombiano de derivados de moneda, por tipo de instrumento

Entre 2001 y 2019 el instrumento más transado en el mercado colombiano de derivados es el *forward* (moneda local/otras monedas), el cual en 2019 alcanzó el 92% del volumen total negociado en el país, seguido de las opciones.



Nota: el mercado de derivados incluye los siguientes instrumentos: negociaciones de *forwards*, opciones, *FX swaps* y *swaps* de moneda. Los valores que se presentan corresponden a las operaciones de derivados distintas a aquellas negociadas en bolsa. Fuente: Bank for International Settlements.

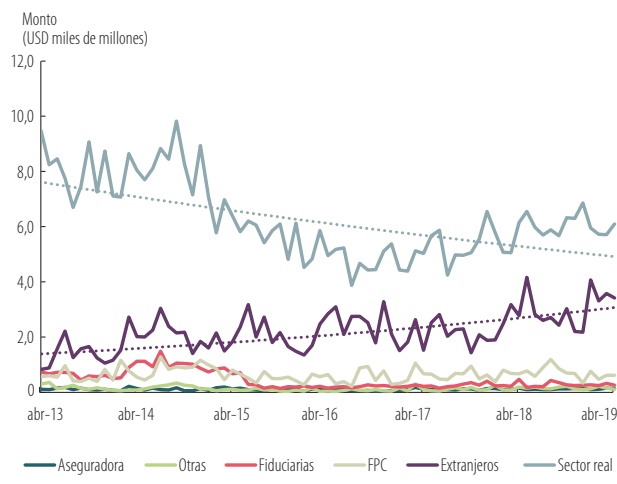
Las operaciones que conforman el mercado de contado son aquellas cuyo cumplimiento se da hasta dentro de los tres días hábiles siguientes a su negociación (operaciones *spot* y *next day*). Específicamente, las operaciones *spot* son aquellas cuyo cumplimiento se realiza en la misma fecha de registro ( $t + 0$ ) y las operaciones *next day* corresponde a las transacciones realizadas con plazo de cumplimiento a uno, dos o tres días después de realizadas ( $t + 1$ ,  $t + 2$  y  $t + 3$ ). Por medio de los sistemas de negociación y registro de divisas, los IMC negocian y registran operaciones de contado y de derivados sobre divisas. Actualmente en el país son cuatro los sistemas de negociación y registro de divisas (SET-FX, Icapco, Tradition Colombia y GFI Exchange Colombia), de los cuales, SET-FX concentra casi la totalidad de las operaciones negociadas y registradas.

Para analizar la estructura del mercado de contado colombiano se utiliza la base de transacciones diarias del Sistema Electrónico de Transacciones e Información del mercado de divisas (SET-FX), desde enero de 2013 a abril de 2019 (Gráfico 16). En relación con el tamaño de las operaciones desarrolladas en el mercado de contado peso-dólar por tipo de contraparte de los IMC, se observa que el monto promedio de la suma de compras y ventas más alto se realiza por parte de las empresas e individuos del sector real<sup>60</sup>, seguido por los agentes del exterior.

60 Empresas del sector comercio que interactúan en el mercado cambiario con el fin de cumplir sus necesidades de moneda extranjera derivadas de operaciones de cambio, como exportaciones o importaciones.

**Gráfico 16**  
Montos negociados por tipo contraparte de los IMC

Los agentes del mercado cambiario que pertenecen al sector real son aquellos que transan los montos de negociación más alto, seguido por los extranjeros.



Nota: el gráfico muestra el monto mensual negociado (suma de compras y ventas) por tipo de contraparte de los IMC en el mercado de contado peso-dólar durante abril de 2013 y abril de 2019.

Fuente: cálculos de los autores con base en información de SET-FX.

La concentración de los IMC en el mercado de contado es medida por el índice de Herfindahl-Hirschman (IHH) para los montos transados y se diferencia por tipo de contraparte. El índice tiene en cuenta tanto el número de IMC como su participación relativa en el mercado y varía entre cero, que indica la existencia de un bajo nivel de concentración, y diez mil, que indica un alto nivel de concentración<sup>61</sup>. El IHH evidencia que existe una mayor concentración de los IMC en las operaciones de contado que realizan con sus clientes (IHH promedio de 3.790), mientras que la concentración de las operaciones que realizan entre IMC es menor (IHH promedio de 1.281) y presenta una mayor volatilidad (Gráfico 17). Es bueno resaltar que el indicador de concentración muestran el pequeño tamaño del volumen transado en el mercado entre IMC-clientes y la mayor sensibilidad que pueden llegar a tener los clientes a cambios en las condiciones del mercado.

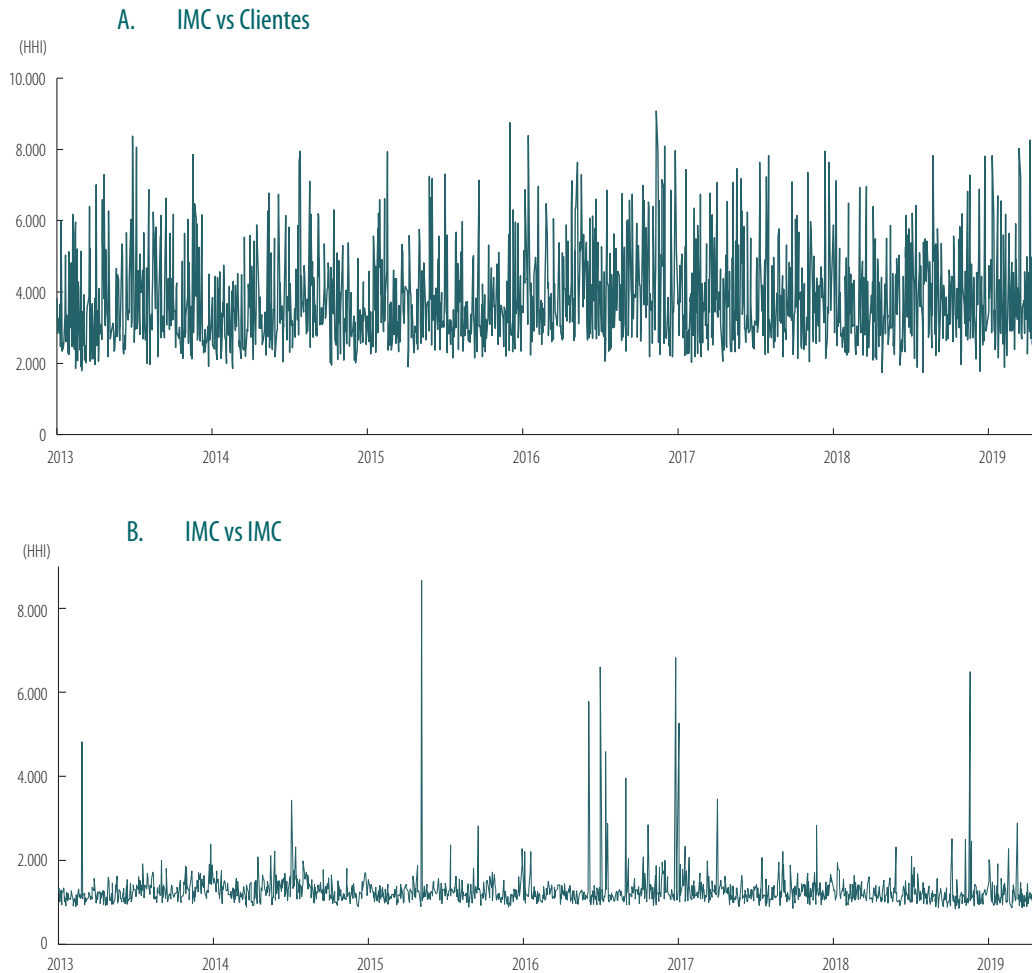
61 El IHH se utiliza para medir la concentración del mercado. Este índice es sugerido como un indicador de estructura de mercado, dado que tiene en cuenta tanto el número de competidores como su participación relativa en el mismo, y se calcula como la suma al cuadrado de la participación porcentual de la  $i$ -ésima empresa en la industria:

$$H = \sum_{i=1}^N \left( \frac{X_i}{X} 100 \right)^2$$

Donde  $\frac{X_i}{X}$  es la participación porcentual de la  $i$ -ésima empresa en el mercado y  $N$  es el número de empresas en la industria. El indicador varía entre cero y diez mil. Cuando el indicador IHH es cercano a cero indica que hay un bajo nivel de concentración, mientras que un indicador de 10.000 muestra un alto nivel de concentración (Gutiérrez y Zamudio, 2008).

## Gráfico 17 Concentración de los IMC en el mercado de contado por tipo de contraparte

Existe una mayor concentración de los IMC en las operaciones de contado que realizan con sus clientes, mientras que la concentración de las operaciones que realizan con otro IMC es menor y presenta una mayor volatilidad.



Nota: el gráfico describe el grado de concentración para los montos transados por los IMC en el mercado de contado, el cual es medido por el índice de Herfindahl-Hirschman (IHH), entre enero de 2013 y abril de 2019. El índice tiene en cuenta tanto el número de IMC como su participación relativa en el mercado y varía entre cero, que indica la existencia de un bajo nivel de concentración, y diez mil, que indica un alto nivel de concentración.

Fuente: cálculos de los autores con base en información de SET-FX.

En cuanto al costo asociado a este tipo de operaciones, el *BAS* es una medida de costos de transacción, ya que refleja el grado de liquidez en el mercado cambiario. El *BAS* se mide como la diferencia en pesos entre los precios *bid* (demanda) y *ask* (oferta)<sup>62</sup>. Un valor alto en el *BAS* indica que el mercado cambiario es menos líquido (Gráfico 18).

Otra medida del costo asociado a este tipo de operaciones, o *spreads* de las operaciones, es la tasa peso por dólar pactada entre los IMC con sus clientes finales, que tiene

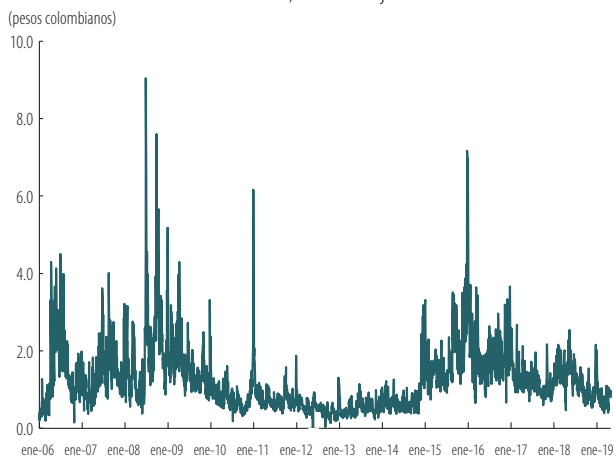
un margen superior o inferior a la que se negocia entre los IMC<sup>63</sup>. Así, un mayor *spread* se entiende como un mayor costo de la operación para determinado grupo de clientes. Por tanto, el costo total de intermediación cobrado a los clientes corresponde a la suma entre el *spread* de sus operaciones de compra y el *spread* de sus operaciones de venta.

62 Técnicamente, es el promedio de la diferencia entre la mejor punta de compra y la mejor punta de venta en la sesión *spot* de SET-FX para cada segundo entre las 8:30 a. m. y la 1:00 p. m. de cada día.

63 En general las compras realizadas por los clientes a los IMC se pactan a una tasa mayor a la que se está negociando entre los IMC en ese instante (*spread* de compra) y las ventas se pactan a una tasa menor a la tasa negociada en el mercado de estos intermediarios (*spread* de venta).

**Gráfico 18**  
**BAS del peso colombiano**

Entre enero de 2006 y abril de 2019 el BAS experimentó cuatro grandes picos: junio y septiembre de 2008 y dos en diciembre de 2015. Durante el período, el máximo nivel de BAS ha sido de COP 9,04 el 27 de junio de 2008.



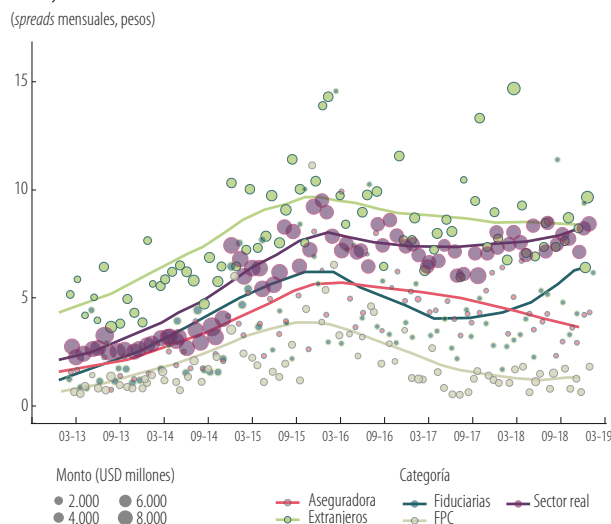
Nota: el BAS es una medida de costos de transacción, donde un valor alto indica que el mercado cambiario es menos líquido. Esta se calcula como el promedio de la diferencia entre la mejor punta de compra y la mejor punta de venta en la sesión *spot* de SET-FX para cada segundo entre las 8:30 a. m. y la 1:00 p. m., de cada día. El evento que podría explicar los picos durante 2008 es la crisis financiera internacional y, en particular, el anuncio de la bancarrota de Lehman-Brothers el 15 de septiembre. Los picos de diciembre de 2015 se explicarían por la caída estrepitosa de los precios internacionales del petróleo desde mediados de 2014: entre el 19 de junio de 2014 y el 30 de diciembre de 2015, el precio de futuros del petróleo Brent cayó de USD 115 por barril a USD 36 por barril. Fuente: SET-FX; cálculos de los autores.

En el Gráfico 19 se observa que: *i*) los mayores costos están asociados a las operaciones con clientes diferentes del sistema financiero (sector real y extranjeros); y *ii*) durante 2014 y 2015 los *spreads* (en pesos) de los diferentes grupos de clientes parecen haber aumentado de manera homogénea, acorde con la depreciación, en gran parte causada por el choque negativo de los precios internacionales del petróleo, y la alta volatilidad de la tasa de cambio de estos años. No obstante, a partir de 2017 los *spreads* presentaron una divergencia importante. Mientras los costos totales de intermediación de los FPC y aseguradoras disminuyeron, los *spreads* del sector real y de los extranjeros continuaron en niveles elevados, lo cual refleja la importancia de los inversionistas institucionales, quienes transan los mayores volúmenes en el mercado de divisas (numeral A.1.10 del Anexo 1)<sup>64</sup>.

64 ¿Por qué afirmamos que lo dicho en este párrafo refleja la importancia de los inversionistas institucionales? Su importancia (FPC y aseguradoras) se debe a que estos son inversionistas profesionales que cuentan con las herramientas necesarias para tener una mejor información del mercado. Esto les permite enfrentar costos inferiores a los cobrados al sector real y a los extranjeros. Estos dos últimos, a pesar de transar los mayores montos (mayor tamaño de los círculos en el Gráfico 22), en muchas ocasiones no cuentan con la información en tiempo real y con las últimas condiciones del mercado. Por ejemplo, generalmente las empresas del sector real no cuentan con plataformas de información y noticias en tiempo real, tales como Bloomberg.

**Gráfico 19**  
**Spreads y montos negociados en el mercado *spot* de clientes**

Los mayores *spreads* o costos de los montos negociados están asociados a las operaciones realizadas con el sector real y extranjeros, quienes a su vez negocian los mayores montos.



Nota: se muestra el costo total de intermediación cobrado a los clientes, que corresponde a la suma entre el *spread* de sus operaciones de compra y el *spread* de sus operaciones de venta. El *spread* de cada operación es la diferencia en pesos entre la tasa que se está negociando frente a la tasa que se negocia entre los IMC en ese instante. Los círculos corresponden a los montos negociados en millones de dólares por cada agente.

Fuente: cálculos de los autores con base en información de SET-FX.

Antes de analizar la relación entre la estructura del mercado cambiario y la FXI, es bueno revisar cómo se relacionan los montos transados en el mercado cambiario o *turnover* y la FXI. Para lo anterior se realizó una comparación de las distribuciones probabilísticas y la media de los montos transados netos (diferencia entre compras y ventas) en períodos de no intervención *vis-à-vis* de intervención cambiaria preanunciada por parte del Banrep (numerales A.3.4 y A.3.5 del Anexo 3).

Los resultados indican que los montos transados no siguen una distribución normal y que la mayoría de los agentes cambiaron sus montos de compras y ventas en los momentos en que hubo intervención, con excepción de las compras por parte de las aseguradoras (numeral A.3.4 del Anexo 3). En especial, el sector real aumentó sus montos de compra y venta durante los días de intervención, mientras que los inversionistas extranjeros los disminuyeron.

## 5.2 Estructura del mercado cambiario y traspaso de la FXI

¿Cuál es la relación entre la estructura del mercado cambiario y la FXI? Para responder esta pregunta acudimos primero a un modelo de regresión Egarch-M porque

permite controlar por la volatilidad de la tasa de cambio (numeral A.1.11 del Anexo 1). La información es diaria y el período de estudio abarca de enero de 2006 a abril de 2019. El numeral A.2.1 del Anexo 2 describe las variables y las fuentes. Esta estimación nos permitirá inferir el impacto que tiene la FXI sobre la tasa de cambio, teniendo en cuenta la liquidez como característica fundamental del mercado cambiario. La liquidez la medimos con el *BAS* en las operaciones de contado. Se espera que entre menor sea la liquidez del mercado, es decir, mientras mayor sea el *BAS*, el impacto de la FXI es mayor. La razón es que en un mercado de contado con menor oferta neta de divisas los costos de transacción serán más altos; pero si la autoridad cambiaria interviene, por ejemplo, comprando divisas con el objetivo de depreciar el peso, el efecto será mucho mayor dada la escasez de divisas en el mercado.

Segundo, concurrimos a un modelo no lineal discreto de regresión de umbrales, que permite inferir si la FXI tiene mayor impacto o no, dependiendo de si el mercado se encuentra por encima o por debajo de cierto nivel o umbral de liquidez (numeral A.1.12 del Anexo 1). Al igual que con la metodología anterior, se espera que entre más alto sea el *BAS* la FXI tenga mayor efecto cambiario.

### 5.3 Resultados

Los resultados indican que la estructura del mercado cambiario, medida por el *BAS*, afecta el grado de impacto de la FXI sobre la tasa de cambio (numerales A.4.20 y A.4.21 del Anexo 4). Así, como lo reporta el Cuadro A4.11 del Anexo 4, la intervención preanunciada tuvo mayor impacto cuando la liquidez del mercado de contado era baja. Por tanto, la autoridad cambiaria tiene en cuenta diferentes aspectos, tales como las características de los distintos agentes y las condiciones de liquidez en el mercado cambiario al momento de intervenir.

### 5.4 Resumen y principales hallazgos

En esta sección estudiamos a profundidad la estructura del mercado cambiario colombiano y examinamos si afecta el traspaso de la intervención cambiaria. Primero, encontramos que los montos transados en el mercado de contado no siguen una distribución normal y que la mayoría de los agentes cambiaron los montos de sus compras y ventas en el mercado de contado en los momentos en que hubo intervención preanunciada, con excepción de las compras por parte de las aseguradoras. Segundo, que el grado de liquidez del mercado afecta el grado de traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio. Por ejemplo, la intervención preanunciada tuvo mayor efectividad cuando la liquidez del mercado de contado era baja. Tercero, la

intervención preanunciada disminuyó la volatilidad cambiaria, mientras que el grado de liquidez del mercado la aumentó.

## 6. Tamaño y duración del impacto de la FXI: ¿importa el estado de la economía o el tipo de choque que enfrente?

Un asunto que ha sido mínimamente estudiado por la literatura internacional es en qué medida el impacto de la FXI y su duración dependen de las condiciones iniciales de la economía y del tipo de choque externo que enfrente<sup>65</sup>. En particular, ¿depende el impacto y su duración del grado de desalineamiento o brecha de la tasa de cambio real, del grado de desalineamiento o brecha de las reservas internacionales respecto a la tendencia o del cambio de la postura de la política monetaria, es decir, si cambia a restrictiva o laxa? A las anteriores variables, que miden las condiciones iniciales o estado de la economía al momento de la FXI, las llamaremos variables de transición (VT). Además, ¿dependen el grado de traspaso y su duración del choque que esté recibiendo la economía? En otras palabras, ¿el impacto y duración es el mismo si la economía experimenta un choque del riesgo país o un choque del precio internacional del petrolero<sup>66</sup>? La literatura que ha evaluado la intervención cambiaria en el caso de Colombia no ha examinado estas preguntas<sup>67</sup>. En esta sección las respondemos y será otro de los principales aportes del artículo.

Para responder las preguntas, acudimos a un modelo de vectores autorregresivo no lineal de umbrales con variables exógenas o *threshold vector autoregressive model with*

65 Excepciones son los estudios de Humala y Rodríguez (2009), Adler y Tovar (2014), Fratzscher *et al.* (2019), Walker (2019) y Hofman *et al.* (2020).

66 De acuerdo con la teoría y la evidencia, un choque al riesgo país deprecia la moneda local y un choque a un bien primario principal de un país que lo exporta la aprecia. Ahora, se espera que la respuesta de la tasa de cambio a un choque de igual signo y magnitud sea diferente según las condiciones iniciales de la economía. Un choque al riesgo-país tendrá efectos instantáneos sobre variables financieras, como la tasa de cambio nominal, los balances del sector financiero (¿estructura al momento del choque de sus balances en moneda local versus extranjera?) y sobre los activos o pasivos de los agentes expuestos en moneda extranjera (¿están calzados en moneda extranjera al momento del choque?), por nombrar algunos. Un choque petrolero puede tener efectos nominales, entre ellos sobre la tasa de cambio nominal (¿está en equilibrio al momento del choque?), y reales (términos de intercambio y fiscales) que, para el caso colombiano, tienen un impacto directo por la alta dependencia externa y fiscal de los ingresos que genera el sector. El ejercicio que implementamos condiciona el traspaso cambiario de la intervención a las condiciones iniciales de la economía y a los dos choques externos mencionados.

67 La única excepción es Kamil (2008), quien encuentra que las FXI que buscan contener la apreciación de la moneda local son efectivas cuando la política monetaria es laxa, pero no cuando es restrictiva.

*exogenous variables* (Tvarx) y a un modelo estructural o Stvarx (el modelo se explica en el numeral A.1.13 del Anexo 1)<sup>68</sup>. Este modelo de regresión nos permite obtener la respuesta condicionada de la tasa de cambio de la intervención y su duración a las condiciones iniciales de la economía y a los choques externos. Además, al definir umbrales para las variables de transición, nos posibilita diferenciar las respuestas cambiarias de la intervención a los distintos estados relativos o regímenes de dichas variables: alto, bajo y 0 (o de equilibrio). Las pruebas de no linealidad la favorecen en al menos una de las ecuaciones del VARX en favor de la representación con umbrales para cada variable de transición considerada<sup>69</sup>. Vale la pena mencionar que el comportamiento estadístico de este modelo entre los regímenes puede ser diferente, pero en cada uno de ellos se comporta como un modelo lineal VAR estándar. El período de la muestra se divide en regímenes, de acuerdo con los valores observados de la variable de transición. El numeral A.2.4 del Anexo 2 describe las variables utilizadas, sus fuentes y la manera como fueron construidas.

Las variables endógenas del modelo son el nivel del EMBI Colombia, la tasa de interés interbancaria y la FXI. Las variables exógenas son el VIX, la tasa de interés de los fondos de la Fed, el nivel del EMBI emergentes y la variación del precio del crudo Brent. Nótese que utilizamos los EMBI en niveles por la necesidad de interpretar los resultados en términos del nivel de riesgo, como lo indica la literatura, y no de la variación del riesgo. El período de estudio va desde enero de 2003 hasta abril de 2019 y la frecuencia es diaria. El numeral A.1.14 del Anexo 1 explica la metodología y cómo leer los resultados, y los numerales A.3.7.1 a A.3.7.3 del Anexo 3 reportan las variables de transición y sus umbrales: brecha de la tasa de cambio real, brecha de las reservas internacionales y postura de la política monetaria, respectivamente. Los umbrales delimitan y definen cada uno de los regímenes: alto, bajo y 0 o medio (o de equilibrio).

Todas las funciones de impulso-respuesta (FIR) que reportamos enseguida se presentan junto con sus intervalos de confiabilidad del 90%. Estos intervalos se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. Implementamos este tipo de simulación para considerar la presencia de heterocedasticidad remanente en

los residuos de los modelos<sup>70</sup>. Sin embargo, en algunos de los modelos se presenta autocorrelación residual, la cual, aunque mínima, sugiere que la amplitud de los intervalos de confianza de los IRF se lea con cautela.

### 6.1 Impacto de la FXI cuando la variable de transición es la brecha de la tasa de cambio real (TCR)

La brecha de la TCR se mide como la desviación porcentual de la tasa de cambio real observada del peso de un nivel de equilibrio estimado.

Los resultados indican que la FXI parece tener efectos contrarios a los esperados, ya que cuando el peso está depreciado en términos reales, la FXI ayuda a depreciarlo aún más, y si está apreciado, lo aprecia más. Si el peso está depreciado en términos reales no habría necesidad de intervenir para ayudar a depreciarlo aún más. Por el contrario, si está apreciado, la FXI debería tener el efecto contrario, es decir, ayudarlo a depreciar para que vuelva al equilibrio real (Gráfico 20).

### 6.2 Impacto de la FXI cuando la variable de transición es la brecha de las reservas internacionales (RI)

La brecha de las RI se estima como la desviación porcentual de las reservas observadas de una tendencia calculada como un promedio suavizado mediante el filtro de Hodrick-Prescott.

De nuevo, los resultados indican que la FXI parece tener efectos contrarios a los esperados. Cuando las RI están por encima de la tendencia, la FXI aprecia la tasa de cambio, y cuando están por debajo de la tendencia, la FXI deprecia la tasa de cambio. Si las RI están por encima de la tendencia, el mercado debería inducir una apreciación del peso, como consecuencia de una menor percepción de riesgo externo; por tanto, no habría necesidad de intervenir. Así mismo, si las RI están por debajo de la tendencia, el mercado debería inducir una depreciación del peso, como consecuencia de una mayor percepción de riesgo externo y tampoco habría necesidad de intervenir (Gráfico 21).

### 6.3 Impacto de la FXI cuando la variable de transición es el cambio de la postura de política monetaria

El cambio de la postura de política monetaria se calcula como la diferencia centrada entre el promedio móvil de orden 20 hacia delante de la tasa de interés interbancaria y el promedio móvil de orden 20 hacia atrás de la misma

68 Los modelos Stvar han sido utilizados por la literatura empírica fiscal para estimar los multiplicadores de impuestos y de gastos. En el contexto que nos ocupa, el modelo Tvarx fue implementado por Ghosh y Kundu (2019) para estudiar el efecto de la FXI sobre la rupia india.

69 Las pruebas implementadas siguen a Hansen (1997) y Schmidt (2019). Trabajamos una ecuación a la vez y realizamos 50.000 réplicas de *wild bootstrapping* en bloques de longitud 5. Los resultados se reportan en el Cuadro A.1.13 del numeral A.1.13 del Anexo 1.

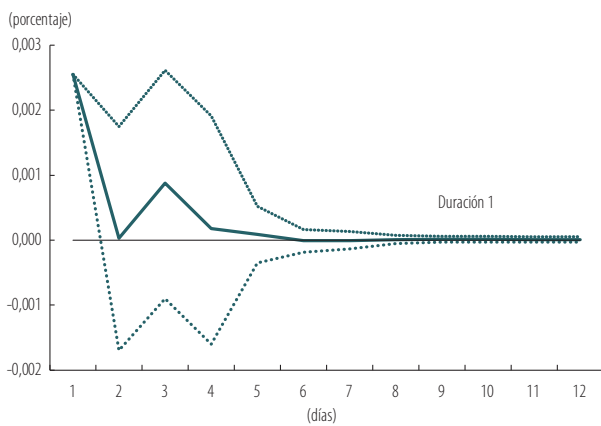
70 Tal y como es sugerido por Mammen (1993).

tasa. Si el indicador aumenta, se interpreta que la postura se vuelve restrictiva y si disminuye que se vuelve laxa. Si oscila en cierto rango intermedio, se interpreta la postura como neutral.

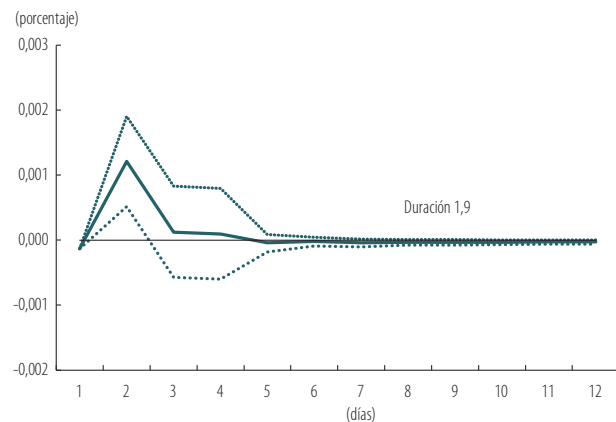
**Gráfico 20**  
**Respuesta del retorno de la tasa de cambio a una FXI (compra) de USD 1 millón (VT: brecha de la tasa de cambio real)**

Si el peso está depreciado en términos reales, una intervención de USD 100 millones lo deprecia en 0,25% y el impacto dura máximo 1,2 días. Si está apreciado, una intervención de la misma magnitud lo aprecia al impacto en 0,01% y el efecto dura 1,9 días.

**A. Régimen alto**



**B. Régimen bajo**

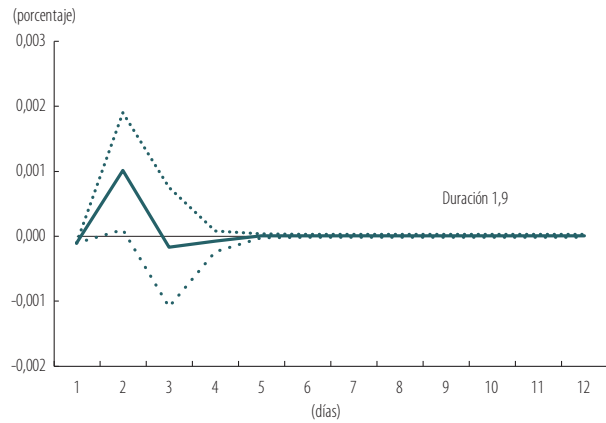


Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las funciones de impulso-respuesta (FIR) diaria en porcentaje de la tasa de cambio frente a una intervención (compra) de USD 1 millón. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. Régimen “Alto” indica que el peso está depreciado en términos reales, “Bajo” que está apreciado y “0” en equilibrio. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.  
 Fuente: estimaciones de los autores.

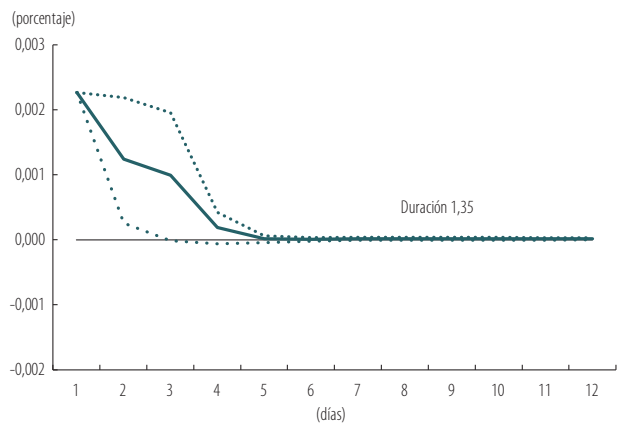
**Gráfico 21**  
**Respuesta del retorno de la tasa de cambio a una FXI (compra) de USD 1 millón**  
**(VT: brecha de las reservas internacionales)**

Si las RI están por encima de su nivel de tendencia, una intervención de USD 100 millones aprecia el peso en 0,01% y su impacto dura 1,9 días. Si están por debajo de la tendencia, una intervención del mismo tamaño deprecia el peso en 0,22% y su impacto dura 1,35 días.

**A. Régimen alto**



**B. Régimen bajo**



Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las funciones de impulso-respuesta (FIR) diaria, en porcentaje de la tasa de cambio frente a una intervención (compra) de USD 1 millón. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. Régimen “Alto” indica que las RI se ubican por encima de su tendencia, “Bajo” que se ubican por debajo y “0” que están en equilibrio. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.  
 Fuente: estimaciones de los autores.

Los resultados sobre la postura de política monetaria muestran que la FXI no impacta la tasa de cambio cuando esta se mueve a “restrictiva”. ¿Cuál podría ser la explicación? De acuerdo con el canal de señales de la FXI que estudiamos en la sección 2, la actuación del banco central en este tipo de circunstancias conlleva a que el mercado perciba señales con ruido; por eso, la FXI no tiene impacto cambiario, como lo muestran nuestros resultados. Si el banco central envía una señal creíble de una política

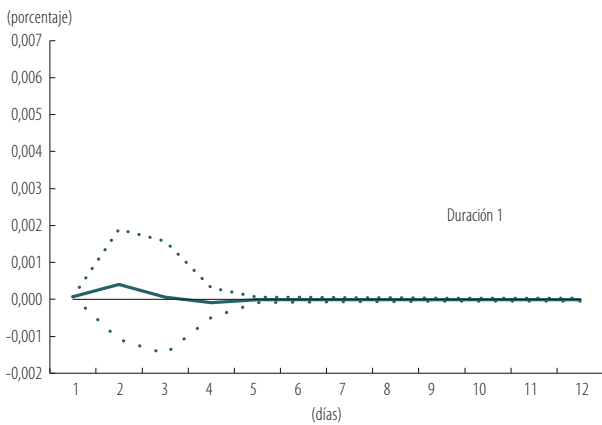
monetaria restrictiva, el mercado esperaría que no interviniera; si lo hiciera, estaría anulando el canal de señales. Ahora, si la postura cambia a laxa, o inclusive a neutra, la FXI es coherente con esta y permite que la señal sea creíble y no ambigua, lo cual aumenta el efecto de la intervención, como muestran los resultados (Gráfico 22).

Antes de proseguir, sería bueno preguntarse, de acuerdo con nuestra evidencia, por qué la autoridad intervino en

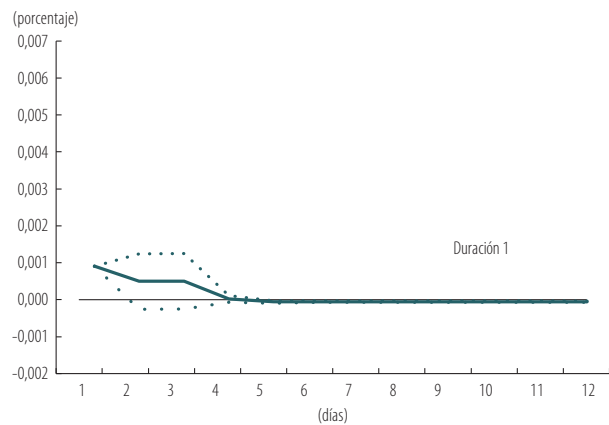
**Gráfico 22**  
**Respuesta del retorno de la tasa de cambio a una FXI (compra) de USD 1 millón**  
**(VT: cambio de la postura de política monetaria)**

Si la postura de política monetaria cambia a restrictiva, la intervención no impacta el peso. Si cambia a neutra, una intervención de USD 100 millones deprecia el peso en 0,1% y su impacto dura un día. Si varía a laxa, una intervención del mismo tamaño deprecia el peso en 0,3% y su impacto dura 1,6 días.

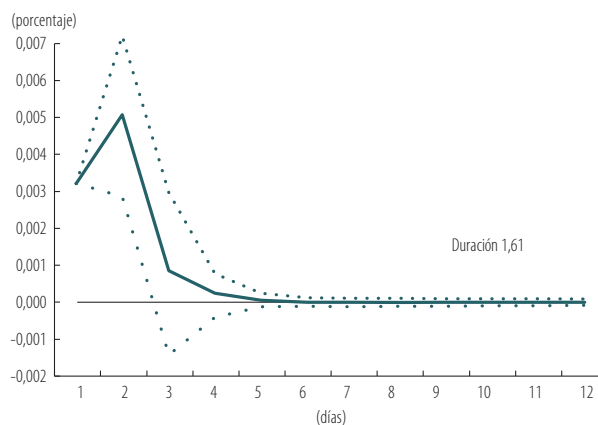
**A. Régimen alto**



**B. Régimen medio**



**C. Régimen bajo**



Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las funciones de impulso-respuesta (FIR) diaria en porcentaje de la tasa de cambio frente a una intervención (compra) de USD 1 millón. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. Régimen “Alto” indica que la política monetaria cambia a restrictiva, “Medio” a neutra y “Bajo” a laxa. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.

Fuente: estimaciones de los autores.

momentos que aparecen como no indicados. Debemos ser justos y enfatizar que las tres variables de estado de las que estamos hablando no son observables, o no son perfectamente observables, en el caso de la última. La autoridad cambiaria seguro tomó sus decisiones de intervenir basada en los mejores pronósticos disponibles, en percepciones acerca de sus niveles en el momento que decidió hacerlo y en sus expectativas acerca de sus niveles; además, probablemente, en medio de incertidumbres económicas. Esas decisiones, que aparecen como no acertadas, a la luz de los resultados de nuestras estimaciones puede que no necesariamente no lo fueran, ya que los nuestros se basan en información histórica y aproximaciones de tales variables no observables, que también están sujetas en cierto grado a errores de medida, como lo dijimos.

#### 6.4 Traspaso de la FXI en presencia de choques externos

La estimación del grado de traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración en presencia de los choques del riesgo-país y del precio del petróleo se muestran en el numeral A.4.22 del Anexo 4, ya que, por motivos de espacio, no se pudieron mostrar aquí.

Los resultados allí reportados indican lo siguiente. Primero, en presencia de un choque al riesgo-país del 1%, e independientemente del agrado de desalineamiento de la TCR, la FXI ve reducido su traspaso sobre la tasa de cambio en un horizonte de por lo menos doce días. Por otro lado, en presencia del choque petrolero del 1% la transmisión cambiaria de la FXI se reduce en mayor grado cuando la TCR está depreciada y su reducción perdura el mismo tiempo. Por ejemplo, cuando la TCR está depreciada y se presenta el choque petrolero del tamaño mencionado, la FXI tiene un traspaso negativo del 60% del choque al impacto sobre la tasa de cambio y perdura por lo menos doce días. Cuando la TCR está apreciada, la FXI tiene un traspaso negativo del choque del 20%, que también perdura.

Segundo, ante el choque del riesgo-país del 1%, la transmisión cambiaria de la FXI se reduce en mayor grado cuando las reservas internacionales están por debajo de la tendencia. Ante el choque petrolero del mismo porcentaje, la transmisión cambiaria de la FXI se torna positiva y se multiplica cuando las reservas están por debajo de la tendencia. Por ejemplo, cuando las reservas están por encima de la tendencia y se presenta el choque del riesgo-país, la FXI tiene un traspaso negativo del choque del 2,5% al impacto sobre la tasa de cambio, se vuelve un poco más negativo a partir del segundo día y luego permanece en ese nivel por lo menos doce días. El traspaso del choque sigue siendo negativo, pero ahora es del 5%, cuando las reservas están por debajo de la tendencia y también perdura en el tiempo.

Tercero, si se presenta un choque del riesgo-país del 1%, la FXI ve reducido su traspaso del choque sobre la tasa de cambio, y esto ocurre independientemente del cambio de la postura de política monetaria. Ahora, si sucede un choque petrolero del mismo tamaño, a medida que la política monetaria se vuelve menos restrictiva, la FXI ve reducido en mayor grado su traspaso del choque sobre la tasa de cambio.

### 6.5 Resumen y principales hallazgos

En esta sección evaluamos en qué medida el impacto de la FXI y su duración dependen de las condiciones iniciales de la economía y del tipo de choque externo que enfrente. Los resultados muestran que el impacto y traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración dependen de las condiciones iniciales de la economía y de los choques externos. Los tamaños de los impactos son similares a los obtenidos en otras secciones, aún con metodología, aproximación cuantitativa y frecuencia de la información completamente diferente, lo que demuestra robustez de los resultados obtenidos en el artículo.

Los resultados también evidencian que, cuando se controla por las condiciones iniciales de la economía y los efectos de los choques externos, la autoridad cambiaria pudo haber actuado en el momento no indicado o su acción pudo haber tenido efectos contrarios a los esperados. Sin embargo, como enfatizamos en la sección, debemos ser justos y señalar que las tres variables de transición que utilizamos son no observables y, por tanto, su cálculo está sujeto a incertidumbre y posibles errores de medida. Así, los resultados de esta sección deben tomarse con cautela.

### 7. Resumen general e implicaciones de política

Desde el establecimiento de la flexibilidad de la tasa de cambio y el régimen de inflación objetivo en 1999, el Banco de la República había intervenido de modo frecuente en el mercado cambiario, excepto los últimos cinco años, y lo ha hecho de diferentes maneras y utilizando distintos instrumentos. Este artículo responde tres preguntas centrales: primera, ¿cuál es la magnitud del impacto de los distintos tipos de intervención cambiaria esterilizada sobre la tasa de cambio del peso colombiano? Segunda, ¿cuál ha sido la duración de los impactos? Tercera, ¿cuáles son las implicaciones de política de los resultados?

Sin importar el instrumento utilizado, la intervención cambiaria en Colombia siempre se ha esterilizado, para que la tasa de interés de mercado de corto plazo no se desvíe de la tasa de interés de política y se ponga en riesgo la meta de inflación. Aparte de los objetivos principales, para

la autoridad cambiaria la intervención sería necesaria para preservar la estabilidad financiera ante un debilitamiento muy rápido del peso, porque esto compromete los balances en moneda extranjera del sistema financiero. Para este propósito, el Banco de la República se guía por un árbol de decisión.

Entre diciembre de 1999 y octubre de 2019, por medio de los distintos tipos de intervención e instrumentos el Banrep acumuló USD 40.251 millones en reservas internacionales (17% del PIB). El nivel acumulado le ha permitido garantizar los pagos internacionales requeridos por la economía y asegurarla ante choques externos e internos adversos.

Los principales resultados del artículo indican que los canales de transmisión de la intervención cambiaria, como son el de portafolio, señales y microestructura, han actuado durante los períodos analizados, a pesar del bajo o nulo impacto cambiario estimado de la intervención y que su posible actuar simultáneo (eso no lo evaluamos) podría haber creado volatilidad cambiaria. Vale mencionar que el canal de señales opera cuando la política monetaria es altamente creíble.

La intervención cambiaria, sin importar el tipo o instrumento utilizado, tuvo un impacto limitado o nulo sobre la tasa de cambio y, cuando ha sucedido, su duración se limita a algunos minutos o máximo a dos días. Por ejemplo, durante la submuestra de 2006 a 2008 una intervención de USD 100 millones (0,03% del PIB) no impacta la tasa de cambio del peso en el momento de la intervención, y el efecto acumulado o impacto sobre el nivel de la tasa es también estadísticamente nulo.

La intervención cuyo objetivo es la atenuación de la volatilidad cambiaria no encuentra soporte estadístico en nuestro estudio. Más aún, este tipo de intervención llegó a incrementarla antes y después. Este hallazgo es consistente con la teoría de microestructura, ya que los agentes del mercado anticipan la intervención. Siguiendo con el ejemplo anterior, la intervención, sin discriminar por tipo, aumentó la volatilidad de la tasa de cambio en 0,023%.

Cuando se utiliza la intervención directa preanunciada para acumular reservas internacionales, el peso se deprecia en mínimo grado y la volatilidad del retorno generalmente se reduce. Por ejemplo, en la submuestra de 2011 a 2019, una compra de este tipo de USD 100 millones deprecia el peso al instante en un 0,012% y el efecto acumulado perdura algunos minutos. Esta misma intervención reduce la volatilidad cambiaria en un 0,012%.

El impacto de la intervención total o por tipo o instrumento sobre el tamaño del mercado y su liquidez no son

concluyentes, ya que algunas veces son consistentes con lo esperado y otras no. Esto porque no responden a un patrón general o predicho por la teoría ante los distintos tipos de intervención, como ocurre con la tasa de cambio. Por ejemplo, se espera que, si el canal de señales actúa, la volatilidad cambiaria se reduce y el monto transado y la liquidez del mercado aumentan. Sin embargo, en la mayoría de los casos los efectos de la intervención sobre estos son estadísticamente no significativos al impacto o aumentan o disminuyen antes y después de las intervenciones, sin un patrón determinado.

Además, los resultados no evidencian que las intervenciones orales tengan algún efecto sobre la tasa de cambio o sobre su volatilidad. Este hallazgo se mantiene para las distintas muestras analizadas y es independiente del cargo de la autoridad que hace el anuncio.

Así mismo, encontramos que la estructura del mercado cambiario afecta el grado de impacto de la intervención sobre la tasa de cambio. Por ejemplo, la intervención tuvo mayor tracción cuando la liquidez del mercado de contado era baja.

Por último, el impacto de la intervención sobre la tasa de cambio y su duración, lo mismo que su grado de traspaso sobre la tasa de cambio, dependen de las condiciones iniciales de la economía y de los choques externos. Es decir, el impacto de la intervención y su duración tienen un componente endógeno a tales condiciones. Por ejemplo, cuando el peso está depreciado en términos reales, una intervención de USD 100 millones lo deprecia nominalmente en un 0,25% y su impacto dura máximo 1,2 días. Cuando el peso está apreciado en términos reales, una intervención de la misma magnitud lo aprecia nominalmente en un 0,01% y, a pesar de que luego lo deprecia, el efecto dura apenas 1,9 días. Los resultados indican que la intervención parecería tener efectos contrarios a los esperados, ya que cuando el peso está depreciado, la intervención lo deprecia y, si está apreciado, lo aprecia. Si el peso está depreciado en términos reales no habría necesidad de intervenir para depreciarlo aún más y viceversa.

Vale preguntarse, con respecto a este último resultado, ¿por qué la autoridad intervino en momentos que aparecen como no indicados? Debemos ser justos y enfatizar que las tres variables de estado que utilizamos para capturar las condiciones iniciales de la economía no son observables. La autoridad cambiaria seguro tomó sus decisiones de intervenir basada en los mejores pronósticos disponibles, en percepciones acerca de sus niveles en el momento que decidió hacerlo y en sus expectativas acerca de sus niveles; además, probablemente, en medio de incertidumbres económicas. Esas decisiones, que aparecen como no acertadas a la luz de los resultados de nuestras

estimaciones, puede que no necesariamente no lo fueran, ya que nuestro análisis se basa en información histórica y en aproximaciones de tales variables no observables, que también están sujetas en cierto grado a errores de medida.

Las principales implicaciones de política que se derivan de los resultados del artículo son: primera, el Banrep debería garantizar la flotación del peso, como lo ha hecho en los últimos cinco años, y limitar la intervención cambiaria a acumular o desacumular reservas internacionales, cuando se requiera, preanunciando sus intervenciones. Segundo, al momento de intervenir la autoridad cambiaria debería seguir teniendo en cuenta diferentes aspectos, como las características de los distintos agentes y las condiciones de liquidez en el mercado cambiario. Tercero, la intervención siempre debe realizarse enmarcada en un análisis de costo-beneficio.

# Recuadro 1

## La efectividad de la FXI: un metanálisis para Colombia<sup>1</sup>

Este recuadro realiza una revisión de la literatura colombiana sobre la efectividad de la intervención cambiaria mediante una técnica novedosa, denominada metanálisis. En general, se encuentra que el efecto de una compra neta de USD 100 millones (un monto equivalente al 0,03% del PIB) deprecia el peso entre un 0,26% y 0,53%, y no reduce su volatilidad. Estos resultados varían dependiendo del mecanismo de intervención, de si las operaciones son anunciadas, de la metodología empírica, entre otros factores.

Un estudio de metanálisis consiste en una serie de pruebas estadísticas que combinan resultados de múltiples estudios sobre un tema, y parten del supuesto de que existe una “verdad” común, pero que se ha medido con error en el nivel individual. Las típicas causas detrás de los problemas de medición incluyen la dificultad para encontrar los contrafactuales adecuados (grupos de control y tratamiento que no están bien definidos), así como ejercicios que se realizan en contextos demasiado específicos, y períodos y muestras reducidas con poco poder estadístico. Esto conlleva a limitaciones para la replicación y validez externa de los resultados.

Con respecto a los estudios de la intervención cambiaria, la mayoría se enfoca en la evaluación de un solo tipo de intervención o instrumento, un período concreto, un monto específico y un solo país o región. En consecuencia, hay una falta de consenso en las respuestas a preguntas más generales relacionadas con la efectividad o el impacto de la intervención, las circunstancias bajo las cuales hay efectos y su magnitud.

En este análisis reunimos 32 efectos (observaciones) reportados para Colombia que se derivan de once estudios empíricos. Además de los efectos reportados en cada estudio, estos incluyen información adicional como: año de publicación, fecha inicial y final del período evaluado, número de observaciones, metodología utilizada, número de días de intervención, monto promedio de intervención, tipo de variable de intervención (binaria o continua), operación realizada (compras o ventas de divisas), duración del efecto en días y, por último, si el estudio se encuentra publicado en una revista perteneciente al *international scientific indexing* (ISI), que refleja el factor de impacto de la revista.

Para que los efectos sean comparables, estandarizamos los coeficientes encontrados en cada estudio a un impulso de compras netas de USD 100 millones, monto equivalente al 0,03% del PIB. Esto no implica que todos los estudios evalúen magnitudes parecidas; por ejemplo, hubo días donde el Ban-

co de la República intervino con montos cercanos a los USD 700 millones y en otros días intervino con montos de USD 20 millones. Por ende, la estandarización solo facilita la lectura de múltiples estudios cuando se agrupan en un metanálisis. En general, encontramos que el efecto de una compra de tal magnitud deprecia la moneda en un 0,53%; sin embargo, si se ajusta por efectos aleatorios, la depreciación es del 0,26%. Adicionalmente, estas no reducen la volatilidad cambiaria. Al igual que en Chamon *et al.* (2019) y Arango-Lozano *et al.* (2020), las subastas y las intervenciones anunciadas tienen un mayor impacto sobre la tasa de cambio. Así mismo, acorde con Arango-Lozano *et al.* (2020), trabajo en el cual se amplía el número de países a 19, el efecto de las intervenciones en un escenario con un alto grado de apertura financiera y autonomía en la política monetaria no es estadísticamente significativo; por lo cual, los resultados son consistentes con el *trilema de la política monetaria* (*i. e.*: que un país no puede simultáneamente controlar la tasa de cambio, tener autonomía en su política monetaria y permitir una libre movilidad de capitales).

### 1. Metodología

La base de datos se construyó mediante un proceso de *web scraping*, el cual consistió en extraer todos los estudios que contuvieran las palabras *foreign + exchange + intervention* en el título o en el resumen. Esta búsqueda se realizó en diferentes índices de investigación como RePec, Scopus, Mendeley, NBER y BIS. La última búsqueda se realizó en enero de 2019<sup>2</sup>. En principio, se recolectaron 1.308 trabajos, sin embargo, al eliminar aquellos duplicados, resultaron 535 trabajos a examinar. Para el caso de Colombia se obtuvieron 24 trabajos.

Posteriormente, se eliminaron aquellos que tuvieran alguna de las siguientes características: 1) escritos en un idioma distinto al inglés; 2) que evaluaran tasas de cambio no relacionadas al dólar estadounidense; 3) con frecuencia muy alta (datos intradiarios) o muy baja (datos trimestrales); 4) que no realizaran una evaluación empírica, y 5) aquellos con intervenciones coordinadas por múltiples países. De esta forma, se redujo el número de trabajos para Colombia de 24 a 11, cuyos hallazgos se desglosaron según el período o subperíodos evaluados, la dirección de la intervención (compras, compras netas, ventas, ventas netas), el mecanismo de intervención utilizada (subastas o *spot*) y si la intervención fue

1 El contenido se basa en Arango-Lozano *et al.* (2020).

2 Se actualizó la versión de Rincón y Toro (2010) a su versión de Rincón-Castro, Rodríguez-Niño y Toro-Córdoba (2020).

preanunciada o no. Así, se obtuvieron 32 observaciones: 19 sobre el nivel de la tasa de cambio y 13 sobre su volatilidad<sup>3</sup>.

En el Cuadro R.1.1 describimos los once estudios pertenecientes a la muestra final. Se detallan los autores, la fecha de publicación, la revista donde fue publicado y el factor de impacto de la revista. Entre ellos, cinco fueron publicados en revistas indexadas ISI, tres fueron publicados en revistas Scopus, y tres de ellos permanecen como documentos de trabajo sin publicar.

### Cuadro R.1.1 Estudios de FXI en Colombia

Este cuadro presenta la muestra de estudios FXI en Colombia. Dicha muestra se compone en su mayoría por estudios publicados durante la década 2010-2019.

Autor	Año publicación	Período muestral	Publicación	Factor de impacto ISI
Rincón, Rodríguez y Toro	2020	1993 - 2010	Investigación económica	0,3
Vanegas	2015	2008 - 2013	<i>Ensayos sobre Política Económica</i>	
Kuersteiner, Phillips y Villamizar	2018	2001 - 2012	<i>Journal of International Economics</i>	2,2
Vargas y Villamizar	2019	2001 - 2012	Borradores de Economía (Banrep)	
Villamizar	2016	1999-2012	<i>Contemporary Economic Policy</i>	0,9
Echavarría, Vásquez y Villamizar	2010	1999-2008	<i>Ensayos sobre Política Económica</i>	
Kamil	2008	2004 - 2007	IMF Working Paper	
Glebocki y Rengifo	2015	2004 - 2009	<i>Emerging Markets Review</i>	2
Broto	2013	2000 - 2011	<i>Emerging Markets Review</i>	2
Echavarría, Melo y Villamizar	2014	2000 - 2012	<i>Revista Desarrollo Económico y Sociedad</i>	
Echavarría, Melo y Villamizar	2018	2004 - 2012	<i>Empirical Economics</i>	1

Nota: el factor de impacto ISI de una revista académica es un índice cuantitativo que refleja el número promedio anual de citas que recibieron los artículos publicados en los últimos dos años en una revista determinada. Se utiliza con frecuencia como un indicador de la importancia relativa de una revista dentro de su campo. Las revistas con factores de impacto más altos a menudo se consideran más importantes que las que tienen factores de impacto más bajos. La construcción de la medida considera el número de veces en la que los artículos publicados en un período continuo de dos años (yyy1-yyy2) fueron citados durante el siguiente año (yyy3); posteriormente, se divide entre el total de artículos publicados durante los años yyy1-yyy2. Las publicaciones que no presentan factor de impacto no se encuentran indexadas en *Web of Science*, por tanto, no cuentan con esta medida.

Fuente: compilación de los autores.

3 La medida de volatilidad depende de cada estudio, donde la mayoría utiliza una medida estimada a partir de la ecuación de volatilidad de un modelo Garch, y donde otros utilizan devaluaciones de la tasa de cambio al cuadrado.

En el Cuadro R.1.2 reportamos las estadísticas descriptivas sobre los ejercicios que los diferentes estudios realizaron. La mayoría analizan compras de dólares, utilizan una variable continua para medir la intervención, evalúan la modalidad de intervención discrecional (véase la subsección anterior), documentan intervenciones preanunciadas e implementan una metodología Garch. Finalmente, el monto promedio de intervención analizado por los autores es de USD 45 millones, con una desviación estándar de USD 22 millones.

### Cuadro R.1.2 Estadísticas descriptivas

Las estadísticas descriptivas para la muestra de FXI en Colombia recogen 19 observaciones para la media y 13 para la volatilidad de la tasa de cambio.

	Nivel Observaciones	Volatilidad Observaciones
<b>Total</b>	19	13
<b>Compras</b>	17	11
<b>Ventas</b>	2	2
<b>Según variable</b>		
<i>Dummy</i>	4	2
<i>No dummy</i>	15	11
<b>Según instrumento o mecanismo</b>		
Subastas	8	4
<i>Spot</i>	11	9
<b>Según anuncio</b>		
Anunciada	11	4
No anunciada	2	2
No información	6	7
<b>Según metodología econométrica</b>		
Garch	12	9
Diseño de regresión discontinua (RDD)	3	1
Estudio de eventos	4	2
Función impulso-respuesta (IRF)	0	1

Nota: la primera columna presenta categorías que desagregan características bajo las cuales se realizaron los ejercicios que adelantaron los once estudios recopilados para el metanálisis y que se desglosaron en 32 observaciones. En su orden se encuentran consignadas según la dirección de la intervención medida, tipo de variable utilizada en el ejercicio econométrico, mecanismo bajo el cual se dio la intervención, si la intervención fue anunciada o no, y la metodología bajo la cual los autores estiman el impacto de la intervención sobre la tasa de cambio. La segunda y tercera columna discriminan las estadísticas mencionadas para las observaciones correspondientes a la media y volatilidad de la tasa de cambio, respectivamente.

Fuente: cálculos de los autores.

Con la intención de contextualizar la efectividad de la intervención cambiaria en Colombia, incluimos el Gráfico R.1.1, que contiene resultados provenientes de un ejercicio más amplio en número de países (véase Arango-Lozano *et al.*, 2020). Los dos paneles del gráfico muestran la distribución de observaciones estadísticamente significativas para la muestra

completa (generalmente con un estadístico-*t* mayor que 1,65 en valores absolutos). En cuanto al nivel de la tasa de cambio, el panel A muestra una distribución sesgada hacia la derecha, es decir, las compras netas de moneda extranjera deprecian la moneda local. No obstante, una buena parte de los efectos reportados (40%) no son estadísticamente significativos. Por su parte, el panel B muestra que los resultados son más heterogéneos para la volatilidad de la tasa de cambio, donde los valores negativos denotan una reducción de la volatilidad. Si bien se observa una masa considerable de estudios con resultados en la dirección esperada (estadística-*t* por debajo de -1,6), más de la mitad de los estudios reportan hallazgos no significativos o incluso un aumento en la volatilidad.

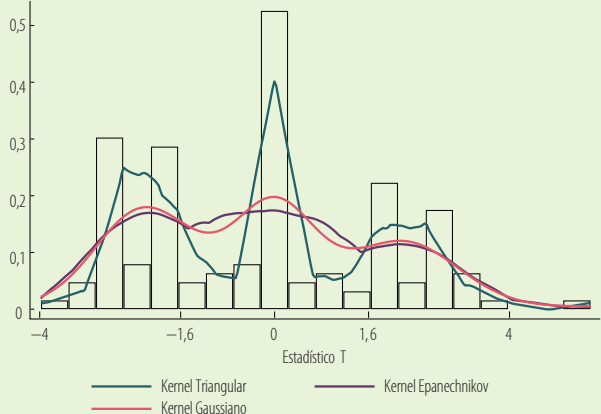
**Gráfico R.1.1**  
Densidades de Kernel para el nivel y volatilidad de la tasa de cambio

Este gráfico presenta los histogramas, las densidades de Kernel triangular, densidades gaussianas de Kernel y densidades de núcleo Epanechnikov de Kernel para el total de la muestra de intervenciones cambiarias de Arango-Lozano *et al.* (2020) en nivel y volatilidad de la tasa de cambio.

**A. Nivel**



**B. Volatilidad**



Nota: Panel A: las observaciones mayores a 1,6 (menores a -1,6) se asocian con estudios que reportan efectos significativos en la dirección esperada ante compras (ventas) de dólares. Panel B: las observaciones mayores a 1,6 (menores a -1,6) se asocian con estudios que reportan efectos significativos en términos de aumentos (reducciones) en la volatilidad.  
Fuente: Arango-Lozano *et al.* (2020).

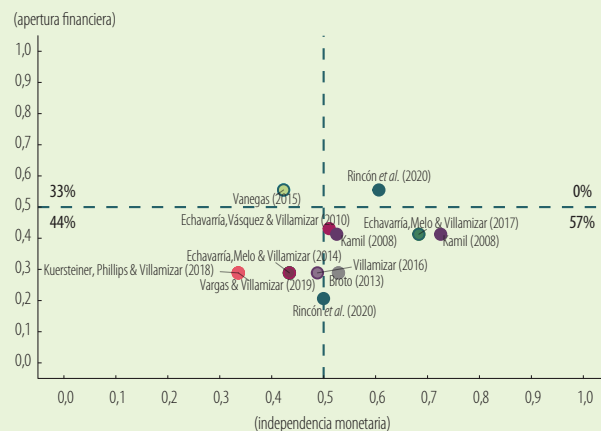
Para emprender el metanálisis realizamos dos tipos de estimaciones; en primer lugar, se halla un efecto global bajo el supuesto de distribución de efectos fijos (EF), en el cual se asume que los efectos individuales se distribuyen alrededor de un efecto común “verdadero”, y varían debido al error de medición propio de cada estudio. En segundo lugar, se estima el efecto global bajo el supuesto de efectos aleatorios (EA), en el cual la fuente de varianza corresponde no solo al error de cada estudio, sino también del error de medición entre estos. Las definiciones algebraicas se pueden consultar en Arango-Lozano *et al.* (2020).

**2. Resultados**

Antes de abordar los resultados, en el Gráfico R.1.2 clasificamos los estudios en Colombia según los índices del trilema de Aizenman *et al.* (2008), con el fin de identificar el grado de apertura financiera (eje vertical), y autonomía en política monetaria (eje horizontal), ambas variables con un rango entre 0 a 1. El cuadrante superior derecho indica un nivel alto de estos índices, por lo que el control sobre la tasa de cambio mediante intervenciones es sacrificado. Consistente con el trilema, se advierte que las observaciones que se ubican ahí no muestran ningún resultado significativo (0%). En contraste, la proporción de efectos estadísticamente significativos en los demás cuadrantes es mayor (33-57%).

**Gráfico R.1.2**  
Trilema de la política monetaria para Colombia

El trilema de la política monetaria señala la imposibilidad para ejercer control simultáneo sobre tres objetivos deseables de la política monetaria. (1) lograr determinado nivel sobre la tasa de cambio, (2) tener independencia monetaria y, (3) tener libre movilidad de capitales. El gráfico representa visualmente los índices de apertura financiera e independencia monetaria para la muestra FXI y presenta que los resultados son consistentes con la teoría del trilema (ver nota).



Nota: consistente con el trilema, el cuadrante inferior izquierdo el cual corresponde a una situación de baja movilidad de capitales y baja independencia monetaria, por consiguiente, mayor control sobre la tasa de cambio, presenta 44% de observaciones que, además de ser estadísticamente significativas, presentan un impacto coherente con el sentido de la intervención (depreciación ante compras de dólares / apreciación ante ventas de dólares). El opuesto de la situación anterior, es decir, el cuadrante superior derecho que representa una situación de alta movilidad de capitales y alta independencia monetaria, por consiguiente, menor control sobre la tasa de cambio, presenta 0% de observaciones significativas y coherentes con el sentido de la intervención.

Fuente: diseño de los autores con base en los índices de Aizenman *et al.* (2008).

En el Cuadro R.1.3 reportamos los resultados principales. Cuando se analiza el total de la muestra se encuentra que, en promedio, una compra de USD 100 millones deprecia el peso colombiano un 0,53%; sin embargo, al controlar por EA, este efecto se reduce al 0,26% y es estadísticamente significativo. Por otro lado, al desagregar por modalidad y por anuncio, se observa que las subastas y las intervenciones anunciadas impactan con mayor fuerza la tasa de cambio. En promedio, una subasta neta de USD 100 millones (*put* menos *call*) deprecia el peso en un 1,27%, y en 0,61% si se mide por EA. Por su parte, solo las intervenciones preanunciadas deprecian el peso en un 0,85%, y al analizarlo por EA se pierde significación estadística.

**Cuadro R.1.3**  
Resultados para el nivel de la tasa de cambio ante compras netas de USD 100 millones

Los resultados para el nivel de la tasa de cambio muestran, en general, depreciaciones del peso estadísticamente significativas bajo estimación de EF.

Compras de USD	Obs.	Media	EE	EF	EA
<b>Total</b>	17	0,5302**	0,2336	0,0021**	0,2591*
<b>Instrumento o mecanismo</b>					
Subastas	6	1,2759**	0,5408	0,0689**	0,6187*
Spot	11	0,1233	0,0912	0,0021**	0,0068
<b>Anuncio</b>					
Anunciada	9	0,8533**	0,4081	0,0020**	0,0089
No anunciada	2	0,4185	0,3635	0,1189	0,3662
No información	6	0,0826	0,1194	0,0058	0,0059
<b>Metodología econométrica</b>					
Garch	12	0,4426	0,2912	0,0020**	0,0082
RDD	2	1,5833	0,6389	1,5439***	1,5693
Estudio de eventos	3	0,1783	0,161	0,0067	0,014
<b>Tipo de variable</b>					
Dummy	3	0,1783	0,161	0,0067	0,014
No dummy	14	0,6055**	0,2797	0,0020**	0,0092
<b>Tipo de publicación</b>					
Web of Science-ISI	5	0,2689	0,2973	0,0289	0,1152
Otros	12	0,6390	0,3208	0,0021**	0,0078

Nota: la no significación estadística de los resultados reportados en las columnas "Media", "EF" y "EA" no se debe asociar necesariamente con la significación estadística de los estudios originales. Si bien puede que estas sean en mayor o menor medida reportadas como estadísticamente significativas por los autores en sus respectivas publicaciones, al medirse bajo la metodología propuesta, y dada la limitante en el número de observaciones, el umbral en el estadístico necesario para la significación estadística puede no alcanzarse. Los resultados están estandarizados a un impulso de compras netas de USD 100 millones. EE, EF y EA corresponden a error estándar, efectos fijos y efectos aleatorios, respectivamente. \*\*\*, \*\* y \* representan significación estadística al 1% (*valor-p* < 0,01), 5% (*valor-p* < 0,05) y 10% (*valor-p* ≤ 0,1).

Fuente: cálculos de los autores.

En el Cuadro R.1.4 mostramos los impactos sobre la volatilidad cambiaria. En promedio, de acuerdo con nuestro metanálisis, las intervenciones no tienen efecto sobre la volatilidad. Si se analiza por la metodología de estudio de eventos y regresiones

discontinuas, se encuentra que por EA la intervención reduce la volatilidad en el 1%.

Finalmente, los gráficos R.1.3 y R.1.4 muestran los "gráficos de bosque" de los efectos de la intervención sobre la tasa de cambio y su volatilidad por autor, y los cuadros R.1.3 y R.1.4 reportan los resultados respectivos agregados. La estimación por EF y EA se presentan con una línea roja y azul, respectivamente. La columna "SMD" presenta los impactos estandarizados, la siguiente el intervalo de confianza a un nivel del 90% y *weight* corresponde a la proporción del peso individual de cada estudio sobre la suma de los pesos totales.

**Cuadro R.1.4**  
Resultados para volatilidad de la tasa de cambio ante compras netas de USD 100 millones

Los resultados para la volatilidad de la tasa de cambio muestran, en general, reducciones en la volatilidad estadísticamente significativas bajo estimación de EF.

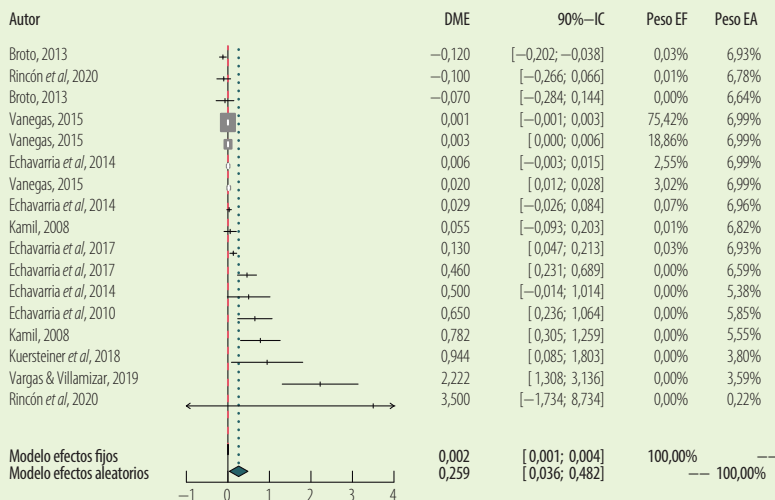
Compras y ventas de dólares	Obs.	Media	EE	EF	EA
<b>Total</b>	13	-0,4845	0,2855	-0,0001*	-0,1904
<b>Según instrumento o mecanismo</b>					
Subastas	4	-1,4399	0,7757	-0,0012	-0,8654
Spot	9	-0,0598	0,055	-0,0001*	-0,012
<b>Según anuncio</b>					
Anunciada	4	-1,4399	0,7757	-0,0012	-0,8654
No anunciada	2	-0,014	0,005	-0,0140**	-0,014
No información	7	-0,0729	0,0711	-0,0001*	-0,0155
<b>Según metodología econométrica</b>					
Garch	9	-0,0043*	0,0022	-0,0001*	-0,0024
Estudio de eventos, RDD, IRF	4	-1,5649	0,7052	-0,8213***	-1,0054***
<b>Según variable</b>					
Dummy	2	-1,0694	0,2417	-1,1667***	-1,1536
No dummy	11	-0,3781	0,3273	-0,0001*	-0,0638
<b>Según publicación</b>					
Web of Science-ISI	7	-0,3772*	0,1987	-0,0011***	-0,2743
Otros	6	-0,6096	0,6022	0,0001*	-0,099

Nota: la no significación estadística de los resultados reportados en las columnas "Media", "EF" y "EA" no se debe asociar necesariamente con la significación estadística de los estudios originales. Si bien puede que estas sean en mayor o menor medida reportadas como estadísticamente significativas por los autores en sus respectivas publicaciones, al medirse bajo la metodología propuesta, y dada la limitante en el número de observaciones, el umbral en el estadístico necesario para la significación estadística puede no alcanzarse. Los resultados están estandarizados a un impulso de compras netas de USD 100 millones. EE, EF y EA corresponden a error estándar, efectos fijos y efectos aleatorios, respectivamente. \*\*\*, \*\* y \* representan significación estadística al 1% (*valor-p* < 0,01), 5% (*valor-p* < 0,05) y 10% (*valor-p* ≤ 0,1).

Fuente: cálculos de los autores.

### Gráfico R.1.3 EF y EA para el nivel de la tasa de cambio

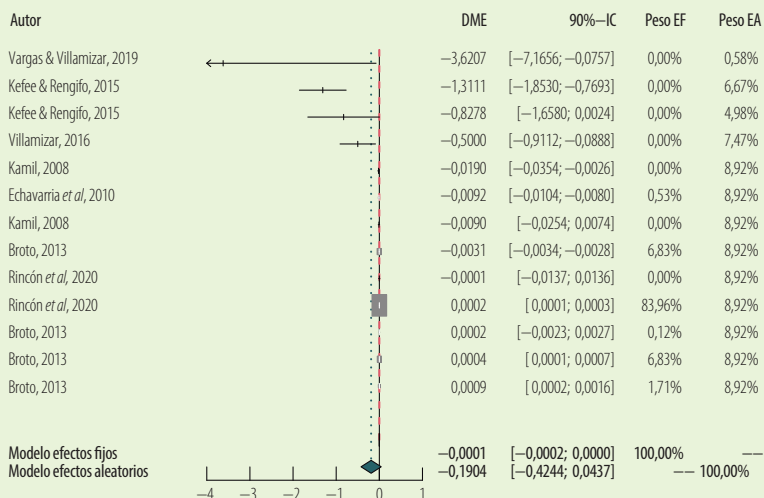
Un *forest plot* es una representación gráfica de los resultados estimados de varios estudios científicos que abordan la misma pregunta, junto con los resultados generales. El gráfico presenta visualmente las estimaciones bajo EF y EA para el nivel de la tasa de cambio.



Nota: los resultados están estandarizados a un impulso de compras netas de USD 100 millones. El centro del diamante azul indica la estimación general, su ancho señala el intervalo de confianza (dado el tamaño de la estimación bajo EA, no es visible su respectivo diamante). La línea horizontal frente a cada observación representa el tamaño del intervalo de confianza para cada *standardized mean difference* (SMD). Cuanto más larga sea la línea, mayor será el intervalo y, por tanto, los resultados del estudio serán menos precisos. Las últimas dos columnas corresponden a los pesos asignados a cada observación bajo EF y EA, respectivamente. Visualmente los pesos para EA se pueden observar en el tamaño del cuadrado gris que se encuentra sobre cada estimación individual. Los valores positivos en la columna "SMD" implican depreciaciones del peso colombiano. Fuente: cálculos de los autores.

### Gráfico R.1.4 EF y EA para la volatilidad de la tasa de cambio

Un *forest plot* es una representación gráfica de los resultados estimados de varios estudios científicos que abordan la misma pregunta, junto con los resultados generales. El gráfico presenta visualmente las estimaciones bajo EF y EA para la volatilidad de la tasa de cambio.



Nota: los resultados están estandarizados a un impulso de compras netas de USD 100 millones. El centro del diamante azul indica la estimación general, el ancho de este señala el intervalo de confianza (dado el tamaño de la estimación bajo EA, no es visible su respectivo diamante). La línea horizontal frente a cada observación representa el tamaño del intervalo de confianza para cada *standardized mean difference* (SMD). Cuanto más larga sea la línea, mayor será el intervalo y, por tanto, los resultados del estudio serán menos precisos. Las últimas dos columnas corresponden a los pesos asignados a cada observación bajo EF y EA, respectivamente. Visualmente los pesos para EA se pueden observar en el tamaño del cuadrado gris que se encuentra sobre cada estimación individual. Los valores negativos en la columna "SMD" implican reducciones en la volatilidad de la tasa de cambio. Fuente: cálculos de los autores.

## Recuadro 2

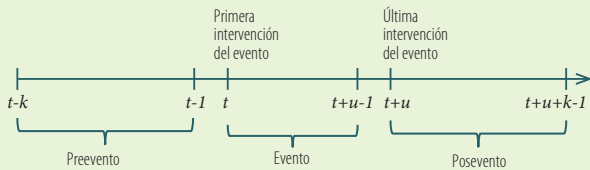
### Modelación del estudio de eventos para la intervención oral

Las intervenciones orales se agrupan de acuerdo con el tiempo en días transcurrido entre cada una. La variable  $x = \{2, 5, 10, 15\}$  denota la cantidad máxima de días que pueden transcurrir entre una intervención oral y la siguiente, de tal manera que ambas sean consideradas parte del mismo evento. La utilización de cuatro valores específicos para  $x$  responde a una práctica común en la literatura. Igual ocurre con el caso de los valores que le asignamos a  $k$ . De esta forma si, por ejemplo, se fija  $x = 5$  y se presentan intervenciones orales en los días  $t, t + 5, t + 8$  y  $t + 14$ , el criterio asociado con el valor particular de  $x$  establece que las primeras tres harán parte del mismo evento (con una duración  $u$  de 8 días, desde  $t$  hasta  $t + 7$ ), mientras la cuarta hará parte de un evento distinto porque el tiempo transcurrido entre esta y la anterior es mayor a 5 días. Nótese que el día de la última intervención, como es estándar en la literatura, se incluye dentro de la ventana posterior al evento.

Para la duración de las ventanas pre y posevento se usan cuatro valores alternativos:  $k = \{2, 5, 10, 15\}$ . La excepción es el caso de la prueba de volatilidad para la cual se suprime  $k = 2$  y se agrega  $k = 20$ . El Gráfico R.2.1 ilustra las tres ventanas de tiempo relevantes para la realización de las pruebas asociadas con el estudio de eventos.

Gráfico R.2.1  
Ventanas del evento

Las pruebas de estudios de eventos realizadas en la sección 4 requieren la definición precisa de tres períodos relevantes: preevento, evento y posevento.



Nota: la unidad de medida es días.  $t$  se refiere al día de la primera intervención de un evento, el valor  $u$  corresponde a la duración de ese evento y  $k$  a la duración de las ventanas pre y posevento.

Fuente: cálculos de los autores.

Calculamos las variaciones de las ventanas pre (-) y pos (+) de la siguiente manera:  $\Delta M_- = M_{t-1} - M_{t-k}$ ,  $\Delta M_+ = M_{t+u+k-1} - M_{t+u}$ , donde  $M$  denota el nivel de la tasa de cambio del día (TRM). Adicionalmente, se construye una variable categórica  $I$ , que indica la intención de cada intervención oral, donde un valor de -1 señala la intención de debilitar el peso colombiano frente al

dólar estadounidense y 1 indica la intención de fortalecerlo. Haciendo uso de las variaciones previa y posterior, junto con la variable  $I$ , se examina el efecto de las intervenciones orales sobre el comportamiento de la tasa de cambio, mediante pruebas de hipótesis de acuerdo con los siguientes tipos:

1. Dirección,  $H_0: E(\Delta M_+) = 0$

Se considera un caso favorable o exitoso desde el punto de vista de este criterio:

$$\text{si } I > 0, \Delta M_+ < 0, \text{ o si } I < 0, \Delta M_+ > 0$$

2. Reversión,  $H_0: E(\Delta M_+ - \Delta M_-) = 0$

Bajo este criterio, un caso es favorable:

$$\text{si } \Delta M_- > 0, I > 0, \Delta M_+ < 0, \text{ o si } \Delta M_- < 0, I < 0, \Delta M_+ > 0$$

3. Suavizamiento,  $H_0: E(\Delta M_+ - \Delta M_-) = 0$

Desde el punto de vista de este criterio, un caso se clasifica como exitoso:

$$\text{si } \Delta M_- > 0, I > 0, \Delta M_+ < \Delta M_-, \text{ o si } \Delta M_- < 0, I < 0, \Delta M_+ > \Delta M_-$$

Para evaluar los resultados, bajo cualquiera de los tres criterios definidos, se calcula la proporción de casos favorables con respecto al total de eventos y se establece si esta proporción es significativamente mayor al 50% (en el caso de los criterios de dirección y reversión) o al 75% (en el caso del criterio de suavizamiento), usando una distribución binomial.

4. Emparejamiento,  $H_0: E(\Delta M_+ - \Delta M_-) \geq 0$  (cuando se trata de fortalecer el peso), o  $E(\Delta M_+ - \Delta M_-) \leq 0$  (cuando se trata de debilitar el peso).

A diferencia de las anteriores pruebas, que se basan en la dirección de las variaciones de la tasa de cambio, esta toma en cuenta el tamaño de las diferencias entre ellas.

Para cada evento  $i$  se calcula la diferencia  $D_i \equiv \Delta M_+ - \Delta M_-$  y, usando esas  $n$  diferencias (siendo  $n$  el total de eventos), se calcula la media ( $D$ ) y la desviación estándar de las mismas ( $S_D$ ). Para establecer la significancia de los resultados se examina si el cociente  $D/S_D$  es significativamente mayor a cero usando una distribución  $t$ -student con  $n - 1$  grados de libertad.

5. Rango,  $H_0: E(\Delta M_+ - \Delta M_-) \geq 0$  (cuando se trata de fortalecer el peso), o  $E(\Delta M_+ - \Delta M_-) \leq 0$  (cuando se trata de debilitar el peso).

Para cada evento  $i$ , se calcula la diferencia  $D_i \equiv \Delta M_+ - \Delta M_-$  y, usando sus valores absolutos, se establecen sus rangos (sus posiciones, al ser ordenadas de menor a mayor). Se hace la suma de rangos para los casos en que  $D_i \geq 0$  (cuando la intención es fortalecer el peso), o para los casos en que  $D_i \leq 0$  (cuando la intención es debilitar el peso), y el valor resultante se compara con el valor crítico (según el nivel de significancia deseado) en la tabla de la prueba de rango signado de Wilcoxon (Wilcoxon *signed-rank test*).

Como se menciona en la sección, el objetivo fundamental asociado con las intervenciones del Banrep en el mercado cambiario puede no estar asociado al nivel de la tasa de cambio sino a su volatilidad. Por esta razón proponemos una prueba adicional que examina si hay una reducción significativa en la varianza de la tasa de cambio con posterioridad a la ocurrencia de las intervenciones orales. Para este fin calculamos las varianzas de los cambios diarios de la TRM para las ventanas pre y posevento, respectivamente:

$$V(M_-) = \text{VAR}[\Delta M_{t-k+1}, \Delta M_{t-1}] \text{ y}$$

$$V(M_+) = \text{VAR}[\Delta M_{t+u+1}, \Delta M_{t+u+k-1}].$$

Haciendo uso de estos cálculos se realiza una prueba de hipótesis bajo el siguiente criterio:

$$6. \text{ Volatilidad, } H_0 : E(V(M_+) - V(M_-)) = 0$$

Se considera un caso favorable si  $V(M_+) < V(M_-)$ .

Para establecer la significancia de los resultados se examina, usando una distribución binomial, si la proporción de casos exitosos (con respecto al total de eventos) es significativamente mayor al 50%.

## Referencias

- Adler, G.; Tovar, C. (2014). “Foreign Exchange Interventions and Their Impact on Exchange Rate Levels”, *Monetaria*, enero-junio, 1-48, Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos, México.
- Adler, G.; Lama, R.; Medina, J. P. (2019). “Foreign Exchange Intervention and Inflation Targeting: The Role of Credibility”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 106.
- Agénor, P.-R.; Pereira da Silva, L. (2019). *Integrated Inflation Targeting - Another Perspective from the Developing World*, BIS-Cemla, febrero.
- Aizenman, J; Chinn, M. D.; Ito, H. (2008). “Assessing the Emerging Global Financial Architecture: Measuring the Trilemma’s Configurations over Time”, NBER Working Paper Series, núm. 14533, National Bureau of Economic Research.
- Aizenman, J; Chinn, M. D.; Ito, H. (2013). “The ‘Impossible Trinity’ Hypothesis in an Era of Global Imbalances: Measurement and Testing”, *Review of International Economics*, vol. 21, núm. 3, pp. 447-458.
- Andersen, T. G; Bollerslev, T; Diebold, F. X.; Vega, C. (2003). “Micro Effects of Macro Announcements: Real-Time Price Discovery in Foreign Exchange”, *American Economic Review*, vol. 93, núm. 1, pp. 38-62.
- Arango-Lozano, L; Menkhoff, L; Rodríguez-Novoa, D.; Villamizar-Villegas, M. (2020). “The Effectiveness of FX Interventions: A Meta-Analysis”, Borradores de Economía, núm. 1132, Banco de la República.
- Archer, D. (2005). “Foreign Exchange Market Intervention: Methods and Tactics”, en *Foreign Exchange Market Intervention in Emerging Markets: Motives, Techniques and Implications*, BIS Working Papers, núm. 24, pp. 40-55, Bank of International Settlements.
- Bacchetta, P; Wincoop, E. van (2006). “Can Information Heterogeneity Explain the Exchange Rate Determination Puzzle?”, *American Economic Review*, vol. 96, núm. 3, pp. 552-576.
- Bacchetta, P; Benhima, K.; Kalantzis, Y. (2014). “Optimal Exchange Rate Policy in a Growing Semi-Open Economy”, *IMF Economic Review*, vol. 62, núm. 1, pp. 48-76.
- Backus, D. K.; Kehoe, P. J. (1989). “On the Denomination of Government Debt: a Critique of the Portfolio Balance Approach”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 23, núm. 3, pp. 359-376.
- Banco de la República (2014). “Optimum and Adequate Level of International Reserves”, Borradores de Economía, núm. 727, Gerencia Técnica.
- Banco de la República (2018). Resolución Externa núm.1 de 2018.
- Bank of International Settlements (2019). *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Over-the-counter (OTC) Derivatives Markets*, <https://www.bis.org/statistics/rpfx19.htm>
- Barbone, R; Khametshin, D; Peydro, J.-L.; Polo, A. (2019). “Hedger of Last Resort: Evidence from Brazilian FX Interventions, Local Credit and Global Financial Cycles”, BIS Working Papers, núm. 832, BIS.
- Basu, K. (2012). “How to Devalue Exchange Rates, without Building up Reserves: Strategic Theory for Central Banking”, *Economics Letters*, vol. 117, núm. 3, pp. 758-761.
- Basu, S. S; Ghosh, A. R; Ostry, J. D.; Winant, P. E. (2018). “Managing Capital Outflows with Limited Reserves”, *IMF Economic Review*, vol. 66, núm. 2, pp. 333-374.
- Bauer, M. D.; Rudebusch, G. D. (2014). “The Signaling Channel for Federal Reserve Bond Purchases”, *International Journal of Central Banking*, vol. 10, núm. 3, pp. 233-289.
- Beine, M; De Grauwe, P; Grimaldi, M. (2009a). “The impact of FX Central Bank Intervention in a Noise-Trading Framework”, *Journal of Banking and Finance*, vol. 33, núm. 7, pp. 1187-1195.

- Beine, M; Janssen, G.; Lecourt, C. (2009b). “Should Central Bankers Talk to the Foreign Exchange Markets?”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 28, núm. 5, pp. 776-803.
- Bejarano-Salcedo, V; Moreno-Jiménez, W.; Julio-Román, J. M. (2020). “La magnitud y duración del efecto de la intervención por subastas sobre el mercado cambiario: el caso colombiano”, Borradores de Economía, núm. 1142, Banco de la República.
- Benes, J; Berg, A; Portillo, R.; Vavra, D. (2015). “Modeling Sterilized Interventions and Balance Sheet Effects of Monetary Policy in a New-Keynesian Framework”, *Open Economies Review*, vol. 26, núm. 1, pp. 81-108.
- Bernal, O.; Gnabo, J. (2009). “Announcements, Financial Operations or Both? Generalizing Central Banks FX Reaction Functions”, *Journal of the Japanese and International Economies*, vol. 23, núm. 4, pp. 367-394.
- Blanchard, O; Adler, G.; de Carvalho, I. (2015). “Can Foreign Exchange Intervention Stem Exchange Rate Pressures from Global Capital Flow Shocks?”, IMF Working Paper, WP/15/159.
- Borio, C.; Disyatat, P. (2009). “Unconventional Monetary Policies: an Appraisal”, BIS Working Papers, núm. 292, BIS.
- Branson, W. H.; Henderson, D. W. (1985). “The Specification and Influence of Asset Markets”, *Handbook of International Economics*, vol. 2, pp. 749-805.
- Brissimis, S. N.; Chionis, D. P. (2004). “Foreign Exchange Market Intervention: Implications of Publicly Announced and Secret Intervention for the Euro Exchange Rate and Its Volatility”, *Journal of Policy Modeling*, vol. 26, núm. 6, pp. 661-673.
- Broto, C. (2013). “The Effectiveness of Forex Interventions in Four Latin American Countries”, *Emerging Markets Review*, vol. 17 (C), pp. 224-240.
- Calvo, G. A.; Reinhart, C. M. (2002). “Fear of Floating”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, núm. 2, pp. 379-408.
- Canzoneri, M.; Cumby, R. (2013). “Optimal Foreign Exchange Intervention in an Inflation Targeting Regime: some Cautionary Tales”, *Open Economies Review*, vol. 25, núm. 3, pp. 429-450.
- Cardozo, P. (2019). “Learning from Experience in Colombia”, en M. Chamon, D. Hofman, N. Magud y A. Werner (eds.), *Foreign Exchange Intervention in Inflation Targeters in Latin America*, International Monetary Fund, pp. 137-153.
- Cardozo, P; Huertas, C; Parra, J.; Patino, L. (2016). “The Interbank Market in Colombia and the Supply of Liquidity by the Banco de la República”, *Monetaria*, vol. XXXVIII, núm. 2, pp. 153-193, Cemla.
- Cardozo, P; Gamboa, F; Pérez-Reyna, D.; Villamizar-Villegas, M. (2016). “Banking Limits on Foreign Holdings: Disentangling the Portfolio Balance Channel”, Borradores de Economía, núm. 934, Banco de la República.
- Caspi, I; Friedman, A.; Ribon, S. (2018). “The Immediate Impact and Persistent Effect of FX Purchases on the Exchange Rate”, Discussion Paper, núm. 2018-04, Bank of Israel.
- Cavallino, P. (2019). “Capital Flows and Foreign Exchange Intervention”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 11, núm. 2, pp. 127-170.
- Cecchetti, S.; Krause, S. (2002). “Central Bank Structures, Policy Efficiency and Macroeconomic Performance: Exploring Empirical Relationships”, *Review The Federal Reserve Bank of St. Louis*, vol. 84, núm. 4, pp. 47-60.
- Chang, R. (2018). “Foreign Exchange Intervention Redux”, NBER Working Paper, núm. 24463, National Bureau of Economic Research.
- Chamon, M. (2015). “Mexico, Selected Issues”, *IMF Country Report*, núm. 15/314, International Monetary Fund.
- Chamon, M; García, M.; Souza, L. (2017). “FX Interventions in Brazil: A Synthetic Control Approach”, *Journal of International Economics*, vol. 108, septiembre, pp. 157-168.

- Chamon, M; Hofman, D; Magud, N.; Werner, A; (eds., 2019). *Foreign Exchange Intervention in Inflation Targeters in Latin America*, International Monetary Fund.
- Ciro, J. C.; de Mendonça, H. F. (2017). "Effect of Credibility and Reputation on Discretionary Fiscal Policy: Empirical Evidence from Colombia", *Empirical Economics*, vol. 53, núm. 4, pp. 1529-1552.
- Cukierman, A.; Meltzer, A. H. (1986). "A Theory of Ambiguity, Credibility, and Inflation under Discretion and Asymmetric Information", *Econometrica*, vol. 54, núm. 5, pp. 1099-1128.
- Cunha, A. (2013). "On the Relevance of Floating Exchange Rate Policies", *Economic Theory*, vol. 53, núm. 2, pp. 357-382.
- Daude, C; Levy, E.; Nagengast, A. (2016). "On the Effectiveness of Exchange Rate Interventions in Emerging Markets", *Journal of International Money and Finance*, vol. 64, pp. 239-261.
- De Mendonça (2007). "Toward Credibility from Inflation Targeting: The Brazilian Experience", *Applied Economics*, vol. 39 (20), 2599-2615.
- De Mendonça, H. F.; de Siqueira Galveas, K. A. (2013). "Transparency and Inflation: What is the effect on the Brazilian Economy?", *Economic Systems*, vol. 37, núm. 1, pp. 69-80.
- Dewachter, H; Erdemlioglu, D; Gnabo, J.-Y.; Lecourt, C. (2014). "The Intra-Day Impact of Communication on Euro-Dollar Volatility and Jumps", *Journal of International Money and Finance*, vol. 43 (C), pp. 131-154.
- Disyatat, P; Galati, G. (2007). "The Effectiveness of Foreign Exchange Intervention in Emerging Market Countries. Evidence from the Czech Koruna", *Journal of International Money and Finance*, vol. 26, núm. 3, pp. 383-402.
- Domínguez, K. (1992). "The Informational Role of Official Foreign Exchange Intervention Operations: the Signalling Hypothesis", en K. Domínguez, *Exchange Rate Efficiency and the Behavior of International Asset Markets*, pp. 41-80.
- Domínguez, K. (1998). "Central Bank Intervention and Exchange Rate Volatility", *Journal of International Money and Finance*, vol. 17, núm. 1, pp. 161-190.
- Domínguez, K. (2003). "The Market Microstructure of Central Bank Intervention", *Journal of International Economics*, vol. 59, núm. 1, pp. 25-45.
- Domínguez, K. (2006). "When Do Central Bank Interventions Influence Intra-Daily and Longer-Term Exchange Rate Movements?", *Journal of International Money and Finance*, vol. 25, núm. 7, pp. 1051-1071.
- Domínguez, K. M.; Frankel, J. A. (1993). "Does Foreign-Exchange Intervention Matter? The Portfolio Effect", *American Economic Review*, vol. 83, núm. 5, pp. 1356-1369.
- Durán-Vanegas, J. D. (2015). "Do Foreign Exchange Interventions Work as Coordinating Signals in Colombia?", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 33, núm. 78, pp. 169-175.
- Echavarría, J. J; Melo, L. F.; Villamizar, M. (2014). "The Impact of Foreign Exchange Intervention in Colombia. An Event Study Approach", *Revista Desarrollo y Sociedad*, núm. 73, pp. 7-31.
- Echavarría, J. J; Melo-Velandia, L. F.; Villamizar-Villegas, M. (2018). "The Impact of pre-Announced Day-to-Day Interventions on the Colombian Exchange Rate", *Empirical Economics*, vol. 55, núm. 3, pp. 1319-1336.
- Echavarría, J. J; Vásquez, D.; Villamizar, M. (2010). "Impacto de las intervenciones cambiarias sobre el nivel y la volatilidad de la tasa de cambio en Colombia", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 28, núm. 62, pp. 12-69.
- Evans, M.; Lyons, R. (2002). "Order Flow and Exchange Rate Dynamics", *Journal of Political Economy*, vol. 110, núm. 1, pp. 170-180.
- Fama, E. F. (1995). "Random Walks in Stock Market Prices", *Financial Analysts Journal*, vo. 51, núm. 1, pp. 75-80.
- Fanelli, S.; Straub, L. (2018). "A Theory of Foreign Exchange Interventions", 2018 Meeting Papers, núm. 1270, Society for Economic Dynamics.

- Fleming, J. M. (1962). “Domestic Financial Policies Under Fixed and Under Floating Exchange Rates”, *IMF Staff Papers*, núm. 9, pp. 369-379.
- Frankel, J. (2017). “Systematic Managed Floating”, NBER Working Paper, núm. 23663, National Bureau of Economic Research.
- Fratzscher, M. (2006). “On the Long-term Effectiveness of Exchange Rate Communication and Interventions”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 25, núm. 1, pp. 146-167.
- Fratzscher, M. (2008a). “Communication and Exchange Rate Policy”, *Journal of Macroeconomics*, vol. 30, núm. 4, pp. 1651-1672.
- Fratzscher, M. (2008b). “Oral Interventions versus Actual Interventions in Fx Markets – An Event-Study Approach”, *The Economic Journal*, vol. 118, núm. 530, pp. 1079-1106.
- Fratzscher, M.; Gloede, O.; Menkhoff, L.; Sarno, L.; Stöhr, T. (2019). “When is Foreign Exchange Intervention Effective? Evidence from 33 Countries”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 11, núm. 1, pp. 132-156.
- Froot, K. A.; Frankel, J. A. (1989). “Forward Discount Bias: Is It an Exchange Risk Premium?”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 104, núm. 1, pp. 139-61.
- Fuentes, M.; Pincheira, P.; Julio, J. M.; Rincón, H.; García-Verdú, S.; Zerecero, M.; Vega, M.; Lahura, E.; Moreno, R. (2014). “The Effects of Intraday Foreign Exchange Market Operations in Latin America: Results for Chile, Colombia, Mexico and Peru”, BIS Working Papers, núm. 462, BIS.
- Gabaix, X.; Maggiori, M. (2015). “International Liquidity and Exchange Rate Dynamics”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 130, núm. 3, pp. 1369-1420.
- Gadanecz, B; Mehrotra, A.; Mohanty, M. (2014). “Foreign Exchange Intervention and the Banking System Balance Sheet in Emerging Market Economies”, BIS Working Paper, núm. 445, BIS.
- Galvis, J; De Moraes, C.; Anzoátegui, J. (2017). “Efectos de los anuncios de política monetaria sobre la volatilidad de la tasa de cambio: un análisis para Colombia, 2008-2015”, *Revista Lecturas de Economía*, núm. 87, pp. 67-95.
- Gamboa-Estrada, F. (2018). “The Effectiveness of Foreign Exchange Intervention in Latin America: A Nonlinear Approach to the Coordination Channel”, *Global Finance Journal*, vol. 40, pp. 13-27.
- García-Verdú, S.; Zerecero, M. (2013). “On Central Bank Interventions in the Mexican Peso/Dollar Foreign Exchange Market”, BIS Working Papers, núm. 429, BIS.
- Gerencia Técnica (2014). “Optimum and Adequate Level of International Reserves”, Borradores de Economía, núm. 727, Banco de la República.
- Ghosh, A. R.; Kundu, S. (2019). “Central Bank Intervention in Foreign Exchange Market under Managed Float: A Three Regime Threshold VAR, Analysis of Indian Rupee-US Dollar Exchange Rate”, MPRA Paper, núm. 93466.
- Ghosh, A. R; Ostry, J. D.; Chamon, M. (2016). “Two Targets, Two Instruments: Monetary and Exchange Rate Policies in Emerging Market Economies”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 60, pp. 172-196.
- Ghosh, A. R; Ostry, J. D.; Qureshi, M. (2018). *Taming the tide of capital flows: A policy guide*, Massachusetts: The MIT Press.
- Gómez-González, J. E; Parra-Polania, J. A.; Villamizar-Villegas, M. (2016). “Announcements are not enough: Foreign Exchange Intervention under Imperfect Credibility”, Borradores de Economía, núm. 949, Banco de la República.
- Green, W. H. (2012). *Econometric Analysis*, 7.<sup>th</sup> Edition, Pearson.
- Gutiérrez-Rueda, J.; Zamudio-Gómez, N. E. (2008). “Medidas de concentración y competencia”, *Temas de Estabilidad Financiera*, núm. 29, Banco de la República.
- Guzmán, M; Ocampo, J. A.; Stiglitz, J. E. (2018). “Real Exchange Rate Policies for Economic Development”, *World Development*, vol. 110, pp. 51-62.
- Hallwood, C. P.; MacDonald, R. (1995). *International Money and Finance*, 2.<sup>nd</sup> ed., Oxford and Cambridge: Blackwell.

- Hansen, B. E. (1997). "Inference in TAR Models", *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, vol. 2, núm. 1, pp. 1-14.
- Hau, H; Massa, M.; Peress, J. (2009). "Do Demand Curves for Currencies Slope Down? Evidence from the MSCI Global Index Change", *The Review of Financial Studies*, vol. 23, núm. 4, pp. 1681-1717.
- Henderson, D. W.; Rogoff, K. (1981). "New Foreign Asset Positions and Stability in a World Portfolio Balance Model", *International Finance Discussion Papers*, núm. 178, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).
- Hofmann, B; Shin, H. S.; Villamizar-Villegas, M. (2019). "FX Intervention and Domestic Credit: Evidence from High-Frequency Micro Data", Borradores de Economía, núm. 1069, Banco de la República.
- Hofman, D.; Chamon, M.; Deb, P.; Harjes, T.; Rawat, U.; Yamamoto, I. (2020). "Intervention Under Inflation Targeting—When Could it Make Sense?", IMF Working Paper, núm. WP/20/9, IMF.
- Hu, M.; Li, Y.; Yang, J.; Chao, C. (2016). "Actual Intervention and Verbal Intervention in the Chinese RMB Exchange Rate", *International Reviews of Economics and Finance*, vol. 43, pp. 499-508.
- Humala, A.; Rodríguez, G. (2009). "Foreign Exchange Intervention and Exchange Rate Volatility in Peru", Working Paper, núm. 008, Banco Central de Reserva del Perú.
- IMF (2015). "Assessing Reserve Adequacy: Specific Proposals", IMF Policy Paper, Washington, D. C.
- IMF (2018). *World Economic Outlook*, cap. 3, octubre.
- Jansen, D.; De Haan, J. (2007). "Were Verbal Efforts to Support the Euro Effective? A High-Frequency Analysis of ECB Statements", *European Journal of Political Economy*, vol. 23, núm. 1, pp. 245-259.
- Julio-Román, J. M.; (2015). "On the Stylized Facts of Nominal Exchange Rates in Brazil, Chile, Colombia, México and Perú", Borradores de Economía, núm. 890, Banco de la República.
- Jurgensen, P. (1983). *Report of the Working Group on Foreign Exchange Market Intervention*, US Treasury Department, Washington, D. C.
- Kamil, H. (2008). "Is Central Bank Intervention Effective under Inflation Targeting Regimes? The Case of Colombia", IMF Working Papers, núm. WP/08/88, IMF.
- Kaminsky, G. L.; Lewis, K. K. (1996). "Does Foreign Exchange Intervention Signal Future Monetary Policy?", *Journal of Monetary Economics*, vol. 37, núm. 2, pp. 285-312.
- Kearns, J.; Rigobon, R. (2005). "Identifying the Efficacy of Central Bank Interventions: Evidence from Australia and Japan", *Journal of International Economics*, vol. 66, núm. 1, pp. 31-48.
- Keefe, H. G.; Rengifo, E. W. (2015). "Options and Central Bank Currency Market Intervention: The Case of Colombia", *Emerging Markets Review*, vol. 23, pp. 1-25.
- Kenen, P. (1988). *Managing Exchange Rates*, Chatham House Papers, London: Routledge.
- King, M. (1995). "Credibility and Monetary Policy: Theory and Evidence", *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 42, 1-19.
- Kouri, P. (1983). "Balance of Payments and the Foreign Exchange Market: a Dynamic Partial Equilibrium Model", en Bhandari, J.; Putnam, B. (eds.), *Economic Interdependence and Flexible Exchange Rates*, Cambridge: MIT Press.
- Kuersteiner, G.; Phillips, D.; Villamizar-Villegas, M. (2018). "Effective Sterilized Foreign Exchange Intervention? Evidence from a Rule-Based Policy", *Journal of International Economics*, vol. 113, núm. 1, pp. 118-138.
- Kumhof, M. (2010). "On the Theory of Sterilized Foreign Exchange Intervention", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 34, pp. 1403-1420.
- Lyons, R. (2001). *The Microstructure Approach to Exchange Rates*, Cambridge: The MIT Press.

- Mammen, E. (1993). “Bootstrap and Wild Bootstrap for High Dimensional Linear Models”, *Annals of Statistics*, vol. 21, núm. 1, pp. 255-285.
- Menkhoff, L. (2010). “High-Frequency Analysis of Foreign Exchange Interventions: What Do We Learn?”, *Journal of Economic Surveys*, vol. 24, núm. 1, pp. 85-112.
- Menkhoff, L. (2013). “Foreign Exchange Intervention in Emerging Markets: a Survey of Empirical Studies”, *The World Economy*, vol. 36, núm. 9, pp. 1187-1208.
- Mirkov, N.; Pozdeev, I.; Soderlind, P. (2019). “Verbal Intervention and Exchange Rate Policies: The Case of Swiss Franc Cap”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 93 (C), pp. 42-54.
- Mishkin, F.; Savastano, M. (2001). “Monetary Policy Strategies for Latin America”, *Journal of Development Economics*, vol. 66, núm. 2, pp. 415-444.
- Moreno, R. (2005). “Motives for Intervention”, en *Foreign Exchange Market Intervention in Emerging Markets: Motives, Techniques and Implications*, BIS Working Papers, núm. 24, 4-18, Bank of International Settlements.
- Mpofu, T. R.; Peters, A. C. (2017). “The Impact of Monetary Policy Announcements and Political Events on the Exchange Rate: The Case of South Africa”, Working Papers, núm. 700, Economic Research Southern Africa.
- Mundaca, G. B. (2011). “How Does Public Information on Central Bank Intervention Strategies Affect Exchange Rate Volatility? The Case of Peru”, *Policy Research Working Paper Series*, núm. 5579, World Bank.
- Mundell, R. A. (1960). “The Monetary Dynamics of International Adjustment under Fixed and Flexible Exchange Rates”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 84, núm. 2, pp. 227-257.
- Mussa, M. (1981). *The Role of Official Intervention*, New York: Group of Thirty.
- Neely, C. J. (2005). “An Analysis of Recent Studies of the Effect of Foreign Exchange Intervention”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, vol. 87, núm. 6, pp. 685-717.
- Neely, C. J. (2008). “Central Bank Authorities’ Beliefs about Foreign Exchange Intervention”, *Journal of International Money and Finance*, núm. 27, pp. 1-25.
- Obstfeld, M.; Shambaugh, J.; Taylor, A. L. (2005). “The Trilemma in History: Tradeoffs among Exchange Rates, Monetary Policies, and Capital Mobility”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 87, núm. 3, pp. 423-438.
- Ostry J. D. (2015). “Managing Capital Flows-Capital Controls and Foreign Exchange Intervention”, en: Stiglitz J. E. y R. S. Gürkaynak (eds.), *Taming Capital Flows: Capital Account Management in an Era of Globalization*, International Economic Association Series, London: Palgrave Macmillan.
- Pérez-Reyna, D.; Villamizar-Villegas, M. (2019). “Exchange Rate Effects of Financial Regulations”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 96, pp. 228-245.
- Pincheira, P. (2013). “Interventions and Inflation Expectations in an Inflation Targeting Economy”, Working Papers Central Bank of Chile, núm. 693.
- Reeves, S. F. (1998). “Partial Credibility, Information Selection and the Signalling Channel of Sterilized Interventions”, *Journal of Economic Integration*, vol. 13, núm. 1, pp. 108-130.
- Reitz, S.; Taylor, M. (2008). “The Coordination Channel of Foreign Exchange Intervention: A Nonlinear Microstructural Analysis”, *European Economic Review*, vol. 52, núm. 1, pp. 55-76.
- Rey, H. (2013). “Dilemma not Trilemma: The Global Financial Cycle and Monetary Policy Independence”, *Jackson Hole Conference Proceedings*, pp. 285-333, Federal Reserve Bank of Kansas City.
- Rincón, H. (2000). “Efectividad del control a los flujos de capital: un reexamen empírico de la experiencia reciente en Colombia”, *Revista de Economía del Rosario*, vol. 3, núm. 1, Universidad del Rosario, pp. 15-36.
- Rincón, H.; Toro, J. (2010). “Are Capital Controls and Central Bank Intervention Effective?”, *Borradores de Economía*, núm. 625, Banco de la República.

- Rincón-Castro, H; Rodríguez-Niño, N.; Castro-Pantoja, J. (2017). “Perturbaciones macroeconómicas, tasa de cambio y *pass-through* sobre precios”, *Revista de Economía del Rosario*, vol. 20, núm. 2, pp. 43-71.
- Rincón-Castro, H; Rodríguez-Niño, N.; Toro-Córdoba, J. (2020). “Are Capital Controls and Central Bank Intervention Effective?”, *Investigación Económica*, vol. 79, núm. 313, pp. 31-50.
- Sakata, S.; Takeda, F. (2013). “Effects of Oral Intervention on Fluctuations in Exchange Rates: Evidence from Japan 1995-2011”, *Journal of Reviews on Global Economics*, vol. 2, pp. 60-78.
- Sarno, L.; Taylor, M. (2001). “Official Intervention in the Foreign Exchange Market: Is It Effective and, If So, How Does it Work?”, *Journal of Economic Literature*, vol. 39, núm. 3, pp. 839-868.
- Sarno, L.; Taylor, M. P. (2003). *The Economics of Exchange Rates*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Scalia, A. (2008). “Is Foreign Exchange Intervention Effective? Some Microanalytical Evidence from the Czech Republic”, *Journal of International Money and Finance*, vol. 27, núm. 4, pp. 529-546.
- Schmidt, J. (2019). “Country Risk Premia, Endogenous Collateral Constraints and Non-linearities: A Threshold VAR Approach”, Working Paper, Banque de France.
- Schwartz, A. J. (2000). “The Rise and Fall of Foreign Exchange Market Intervention as a Policy Tool”, *Journal of Financial Services Research*, vol. 18, núm. 2-3, pp. 319-339.
- Stone, M; Walker, W.; Yasui, Y. (2009). “From Lombard Street to Avenida Paulista: Foreign Exchange Liquidity Easing in Brazil in Response to the Global Shock of 2008-09”, IMF Working Paper, núm. 09/259, International Monetary Fund.
- Sun, R. (2018). “A Narrative Indicator of Monetary Conditions in China”, *International Journal of Central Banking*, vol. 14, núm. 4, pp. 1-42.
- Svensson, L. E. (1993). “The Simplest Test of Inflation Target Credibility”, NBER Working Paper Series, núm. 4604, National Bureau of Economic Research.
- Taylor, M. P. (1994). “Exchange Rate Behavior under Alternative Exchange Rate Regimes”, en: Kenen, P. (ed.), *Understanding Interdependence: The Macroeconomics of the Open Economy*, Princeton: Princeton University Press.
- Taylor, M. P. (1995). “The Economics of Exchange Rates”, *Journal of Economic Literature*, vol. 33, núm. 1, pp. 13-47.
- Tapia, M.; Tokman, A. (2004). “Effects of Foreign Exchange Intervention under Public Information: The Chilean Case”, Working Papers Central Bank of Chile, núm. 255.
- Uribe, J. D.; Toro, J. (2005). “Foreign Exchange Market Intervention in Colombia”, en BIS (Ed.), *Foreign Exchange Market Intervention in Emerging Markets: Motives, Techniques and Implications*, vol. 24, pp. 139-149, Bank for International Settlements.
- Uribe, J. D. (2016). “Intervención bajo flotación cambiaria en Colombia”, *Revista del Banco de la República*, vol. 89, núm. 1066, pp. 5-16.
- Vargas, H; González, A.; Rodríguez, D. (2013). Foreign exchange intervention in Colombia. BIS Working Papers, núm. 73.
- Vargas-Herrera, H.; Villamizar-Villegas, M. (2019). “Effectiveness of FX Intervention and the Flimsiness of Exchange rate Expectations”, Borradores de Economía, núm. 1070, Banco de la República.
- Villamizar-Villegas, M. (2016). “Identifying the Effects of Simultaneous Monetary Policy Shocks”, *Contemporary Economic Policy*, vol. 34, núm. 2, pp. 268-296.
- Villamizar-Villegas, M.; Pérez-Reyna, D. (2017). “A Theoretical Approach to Sterilized Foreign Exchange Intervention”, *Journal of Economic Surveys*, vol. 31, núm. 1, pp. 343-365.
- Villar, L.; Rincón, H. (2001). “Flujos de capital y regímenes cambiarios en la década de los 90”, *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 39, pp. 5-71.

- Vitale, P. (1999). "Sterilized Central Bank Intervention in the Foreign Exchange Market", *Journal of International Economics*, vol. 49, núm. 2, pp. 245-267.
- Walker, Ch. (2019). "Forward Intervention", en: M. Chamon, D. Hofman, N. Magud y A. Werner (eds.), *Foreign Exchange Intervention in Inflation Targeters in Latin America*, cap. 5, pp. 63-77, International Monetary Fund.
- Zhang, Z.; Li, H.; Zhang, C. (2017). "Oral Intervention in China: Efficacy of Chinese Exchange Rate Communications", *International Review of Financial Analysis*, vol. 49 (C), pp. 24-34.

# Anexo 1

## Metodologías y modelos econométricos

### A.1.1 Modelo de regresión de la prima de riesgo (sección 2, canal de portafolio)

La teoría de portafolio señala que los inversionistas diversifican sus portafolios entre activos locales y externos en función de los retornos esperados. Así, definamos la demanda relativa de activos internos en moneda local,  $x$ , como una función de su prima de riesgo,  $pr$  (véase Domínguez y Frankel, 1993):

$$(1) \quad x_t = a + bpr_t,$$

donde  $pr_t = i_{t,k} - i_{t,k}^* - \Delta s_{t,k}^e$ ,  $i_k$  es la tasa de interés local entre el momento  $t$  y  $k$ -períodos adelante;  $i_k^*$  es la tasa de interés externa entre el momento  $t$  y  $k$ -períodos adelante, y  $\Delta s_k^e$  es la tasa de devaluación esperada de la moneda local (la tasa de cambio se expresa como unidades de moneda local por una unidad de moneda extranjera) entre el momento  $t$  y  $k$ -períodos adelante.

La demanda inversa de activos locales en equilibrio se define en función de la oferta de activos como:

$$(2) \quad pr_t = -ab^{-1} + b^{-1}x_t + \varepsilon_{t,k},$$

Con  $\varepsilon_k$  como el error de pronóstico, que se asume independiente del valor contemporáneo de  $x$  (se asume que los inversionistas tienen expectativas racionales). Si los activos locales y extranjeros son sustitutos perfectos,  $b$  es infinito,  $b^{-1}$  es cero y los cambios en la oferta de activos locales no afectan la prima de riesgo.

De acuerdo con Domínguez y Frankel (1993) y Froot y Frankel (1989), el supuesto de expectativas racionales no es avalado por los datos en modelos como el descrito, porque la depreciación esperada varía más de cerca con el descuento *forward* que con el cambio *ex post* de la tasa de cambio, como diría la teoría de expectativas racionales. Por este motivo, de acuerdo con los autores citados, una medida más acertada de las expectativas es la proveniente de las encuestas de mercado.

Si se supone que la expectativa sobre la tasa de cambio proviene de una encuesta, el modelo definido por la ecuación (2) se expresa como:

$$(3) \quad pr_t = i_{t,k} - i_{t,k}^* - \Delta s_{t,k}^e = \beta_0 + \beta_1 x_t + u_{t,k},$$

donde  $\beta_0 = -ab^{-1}$ , y  $\beta_1 = b^{-1}$ ;  $\Delta s_k^e$  es la expectativa sobre la tasa de cambio de la moneda local en el mercado *spot* entre el

momento  $t$  y  $k$ -períodos adelante medida por encuestas de mercado, y  $u_k$  es el error del modelo.

Nótese que hasta aquí no hemos hablado de la intervención cambiaria, a pesar de que el modelo descrito se utiliza para evaluar el canal de portafolio de la intervención. El asunto es sencillo. Como suponemos que la intervención es esterilizada, los movimientos de activos por parte del banco central para realizarla, digamos con bonos del gobierno en su balance, se convierten en el canal que relaciona los activos locales y externos, la intervención y la tasa de cambio. Vale señalar que Colombia se rige por un régimen monetario de inflación objetivo y que la esterilización se realiza con el fin de evitar la activación de un canal monetario sobre las tasas de interés y de cambio. Por tanto, en la implementación econométrica, la variable  $x$  representa directamente la intervención cambiaria.

El modelo de regresión definido por la ecuación (3) podría enfrentar problemas de simultaneidad entre los activos  $x$ , aunque no haya errores en su medida, o la intervención cambiaria, como lo definimos en el anterior párrafo, y el término de error. Por este motivo, se requiere utilizar instrumentos para  $x$ , como mencionan Domínguez y Frankel (1993). Los dos instrumentos, *NEWS* y *REPINT*, los construimos para Colombia utilizando el portal de noticias de Reuters, tal y como se explica más adelante en el numeral A.2.1 del Anexo 2.

Por último, no sobra agregar que, por falta de información diaria sobre la tenencia de bonos locales y externos, que posibilitaría la definición de la intervención como porcentaje de la riqueza,  $x$  se define en millones de dólares.

### A.1.2 Indicador de credibilidad *CRED* (sección 2, canal de señales)

¿Cómo medir la credibilidad de la política monetaria del Banco de la República? Lo medimos con un índice de credibilidad que calculamos siguiendo la propuesta de Mendonça (2007), Mendonça y de Siqueira Galveas (2013), y Ciro y de Mendonça (2017). Otras maneras de medir la credibilidad de la política monetaria son las de Cukierman y Meltzer (1986), Svensson (1993), King (1995) y Cechetti y Krause (2002). Tal como lo describimos en el texto, el índice de credibilidad (*CRED*) se define como:

$$CRED_t = \begin{cases} 1 & \text{si } E(INF_t) = INF_t^* \\ 1 - \frac{1}{INF_t^{bound} - INF_t^*} [E(INF_t) - INF_t^*] & \text{si } INF_t^{lower\_bound} < E(INF_t) < INF_t^{upper\_bound} \\ 0 & \text{si } E(INF_t) \geq INF_t^{upper\_bound} \text{ o } E(INF_t) \leq INF_t^{lower\_bound} \end{cases}$$

Las variables son:

$E(INF)$ : expectativas de inflación a doce meses de la encuesta mensual del Banco de la República.

$INF^*$ : punto medio del rango de la meta de inflación (3%).

$INF^{lower\_bound}$ : límite inferior del rango de la meta de inflación (2%).

$INF^{upper\_bound}$ : límite superior del rango de la meta de inflación (4%).

$INF^{bound}$ : límite superior del rango de la meta de inflación si las expectativas de inflación son superiores al punto medio del rango, o límite inferior del rango de la meta de inflación si las expectativas de inflación son inferiores al punto medio del rango.

La intuición del indicador  $CRED$  es la siguiente. El indicador tiene un valor de 1 (credibilidad total) cuando las expectativas de inflación son iguales al punto medio del rango meta de inflación, e igual a cero cuando las expectativas de inflación son mayores al punto superior del rango meta o inferiores al punto inferior del mismo rango. Así, el valor del indicador es distinto dependiendo si las expectativas de inflación están por encima, por debajo o entre los límites superior e inferior del rango meta. De hecho, el indicador es una variable continua entre 0 y 1. Claro, nuestro indicador es lineal para expectativas por encima y por debajo de los límites del rango meta de inflación, es decir, es simétrico. En otras palabras, para el indicador  $CRED$  el castigo para la credibilidad de la política monetaria es igual que las expectativas que estén por fuera del rango de la meta, sin importar si están por encima o por debajo de este, como debería ser, ya que la credibilidad debe estar anclada al punto medio del rango, para un régimen de inflación objetivo maduro como el colombiano. Ahora, si se quisiera evaluar tal asimetría, el indicador  $CRED$  que construimos se queda corto, pero ese no es nuestro objetivo.

### A.1.3 Especificación del modelo de regresión (sección 2, canal de señales)

Para evaluar si el canal de señales de la FXI ha operado en Colombia, estimamos una función de reacción de la intervención cambiaria en función de una medida de sorpresas monetarias ( $\pi_t - \pi_t^*$ ), acorde con el análisis de Domínguez (1992), de la siguiente manera: la diferencia entre la inflación observada y la mediana de la encuesta mensual de inflación a doce meses del Banrep, ajustada por la raíz cuadrada de la suma de la varianza de la inflación observada de los últimos doce meses, de la varianza de las expectativas de inflación de los últimos doce meses dos veces la covarianza entre la inflación observada y esperada de los últimos doce meses. Adicionalmente, incluimos como variables de control adicionales el rezago de

la intervención cambiaria  $I_{t-p}$ , los retornos acumulados de la tasa de cambio de los últimos veinte días  $\sum_{j=1}^{20} \Delta s_{t-j}$  y la desviación porcentual suavizada de la tasa de cambio real de su nivel de equilibrio ( $s_{t-1} - \bar{s}_{t-1}$ ). Los retornos de la tasa de cambio se calculan como la diferencia diaria del logaritmo de la tasa de cambio nominal.

Para estimar la función de reacción usamos un modelo *tobit* con heterocedasticidad multiplicativa de acuerdo con Green (2012). En la ecuación de la media incluimos las variables descritas y, en la ecuación de la varianza, incluimos las variables de la media que resultaron estadísticamente significativas. Estimamos un modelo *tobit* para las compras diarias de divisas por medio de cualquiera de los tipos de intervención cambiaria en millones de dólares: directas (anunciada y preanunciada) y opciones de acumulación y de volatilidad. Los modelos *tobit* tienen la ventaja de modelar la relación entre una variable dependiente no negativa y una o varias variables explicativas. La estimación se realiza por el método de máxima verosimilitud por ser un estimador consistente para este modelo.

Acorde con Domínguez (1992), se espera que el coeficiente que acompaña a la variable de sorpresas monetarias sea significativo y diferente de cero si el canal de señales está activo, lo cual implica que la intervención cambiaria provee de información al mercado cuando el banco central lo sorprende en un escenario de alta credibilidad de su política. Esta última hipótesis se comprueba estimando los modelos *tobit* con niveles de credibilidad de la política monetaria bajos y altos. Se evalúa el comportamiento de los coeficientes cuando el nivel del índice de credibilidad de la política monetaria (ver su definición en el numeral A.1.2 del Anexo 1) es mayor o igual a 0,6 y menor a 0,6. Estos umbrales se escogieron porque el nivel promedio de credibilidad durante el período analizado es de 0,51 y la densidad de la distribución del indicador es mayor en el nivel de 0,6.

### A.1.4 Modelo *tobit* con heterocedasticidad multiplicativa (sección 2, canal de señales)

El modelo *tobit*, o modelo de regresión de variable dependiente censurada, se emplea usualmente en modelos de regresión de variables latentes o variables dependientes parcialmente observadas. En general se estima el siguiente modelo:

$$(1) \quad y_i^* = x_i' \beta + \varepsilon_i$$

donde  $y_i^*$  es la variable latente,  $x_i$  es el vector de variables explicativas. El error  $\varepsilon_i$  se distribuye normal con media cero y varianza  $\sigma_i^2$ :

$$(2) \varepsilon_i | \Omega_{i,t} \sim N(0, \sigma^2)$$

(3)  $\sigma_i^2 = \sigma^2 [\exp(w_i' \alpha)]^2$ , donde  $w_i$  corresponde a la lista de variables que determinan la varianza.

En el modelo *tobit* la variable observada  $y$  está dada por:

$$(4) y = 0, \text{ si } y_i^* \leq 0$$

$$(5) y_i^*, \text{ si } y_i^* > 0.$$

Se dice que los datos están censurados a la izquierda al nivel de cero. En nuestro modelo la variable dependiente son las compras de divisas  $I_t$ . Esta variable se ajusta a un modelo censurado a la izquierda dado que solo tiene valores positivos y mayores que cero cuando hubo intervención cambiaria mediante compras. La especificación del modelo es la siguiente:

$$(6) I_t^* = \beta_0 + \beta_1 I_{t-1} + \beta_2 \sum_{j=1}^{20} \Delta s_{t-j} + \beta_3 (s_{t-1} - \bar{s}_{t-1}) + \beta_4 (\pi_t - \pi_t^*) + \varepsilon_t$$

donde  $I_t$  se describe de la siguiente manera:  $I_t = 0$ , si  $I_t^* \leq 0$ ,  $y$ ,  $I_t^*$ , si  $I_t^* > 0$  y  $\varepsilon_t$  tiene una varianza que cambia en el tiempo.

### A.1.5 Modelo de regresión (sección 2, canal de microestructura)

El modelo se basa en un estudio de eventos para las operaciones intradía en el mercado de divisas entre clientes e intermediarios del mercado cambiario (IMC). Este permite comparar el efecto de los flujos de órdenes sobre la tasa de cambio del peso en los regímenes de intervención y no intervención, derivados del período de estudio entre 2010 y 2019. Es bueno mencionar que la muestra parte de 2010 porque solo desde este año la información de clientes está disponible, porque estos debieron comenzar a registrar sus operaciones de compra y venta con los IMC en el Sistema de Negociación del Mercado Cambiario (SET-FX/SET-ICAP). El modelo especifica que la tasa de cambio dependa de los flujos de órdenes entre clientes e IMC, del tamaño del mercado y de la liquidez de este en una ventana de muestreo específica.

La inferencia estadística se realiza mediante la aplicación del algoritmo de regresión robusta tipo Huber, en la cual el efecto de las observaciones fuera de la ventana de muestreo se limita, y así se evita que los resultados dependan de pocas observaciones influyentes. El algoritmo está basado en los estimadores  $\mathbf{M}$  y las fórmulas corresponden con mínimos cuadrados iterativamente ponderados. El modelo de regresión para cada episodio de intervención cambiaria es:

$$\Delta P(k)_{i,t} = \alpha(k)_i + \beta_F(k)_i F(k)_{i,t} + \beta_L(k)_i L(k)_{i,t} + \beta_T(k)_i Tam(k)_{i,t} + \beta_{F \cdot Tam}(k)_i F(k)_{i,t} * Tam(k)_{i,t} + \varepsilon_i$$

Donde  $i$  representa el tipo de intervención cambiaria.

$\Delta P(k)_{i,t}$ : cambio en el precio del dólar (pesos por dólar) en la frecuencia muestral  $k$ . Para la intervención  $i$ -ésima en el tiempo  $t$ .

$F(k)_{i,t}$ : flujo de órdenes de dólares para la frecuencia  $k$ .

$L(k)_{i,t}$ : liquidez del mercado cambiario para la frecuencia  $k$ .

$Tam(k)_{i,t}$ : tamaño del mercado cambiario para la frecuencia  $k$ .

$F(k)_{i,t} * Tam(k)_{i,t}$ : interacción entre el flujo de órdenes y el tamaño del mercado.

La hipótesis que se establece es que si  $\beta(k) > 0$ , el canal de microestructura actúa y los flujos de órdenes tienen impacto sobre el valor esperado de la tasa de cambio del peso. Por otro lado, si  $\beta(k) = 0$ , el canal no actúa.

El estimador  $\mathbf{M}$  se basa en un promedio ponderado donde las observaciones participan de acuerdo con la curva de influencia tipo Huber (IF), que acota los residuos del modelo. En otras palabras, se cambia los residuos al cuadrado del método de mínimos cuadrados  $r^2$  por  $\rho(r)$ . La IF provee una aproximación lineal del estimador en distribuciones contaminadas con una fracción de observaciones atípicas. Adicionalmente, se tiene en cuenta el efecto apalancamiento o *leverage* de cada una de las observaciones sobre el ajuste. En presencia de heterocedasticidad, este tipo de estimadores se pueden adaptar y una aproximación numérica se puede obtener de acuerdo con los siguientes pasos:

Planteamiento de la función de verosimilitud:

$$L(\beta) = \sum_{i=1}^n \rho \left( \frac{y_i - \hat{y}_i}{\hat{\sigma}} \right) = \sum_{i=1}^n \rho \left( \frac{r_i(\beta)}{\hat{\sigma}} \right)$$

Donde,  $r_i(\beta) = y_i - \hat{y}_i$  representa el residuo del modelo. Por su parte,  $\rho$  es una función tipo Huber. Adicionalmente,  $\hat{\sigma}$  es una estimación de la varianza. El problema de optimización para encontrar el estimador  $\mathbf{M}$  tipo Huber está dado por:

$$\hat{\beta} = \underset{\beta}{\text{minimizar}} \sum_{i=1}^n \rho \left( \frac{y_i - \hat{y}_i}{\hat{\sigma}} \right)$$

### A.1.6 Impacto de la FXI y duración: metodología (sección 3)

Con el fin de evaluar los impactos cambiarios de la intervención, es decir, sobre la tasa de cambio, su volatilidad, la profundidad del mercado o tamaño (o *turnover*) y su liquidez, medida por el *bid-ask spread* (BAS), procedemos de la siguiente manera. Para los días de operación del mercado de contado de divisas se obtuvo información intradía de los precios y montos de los cierres de operaciones intradía entre los IMC, y las mejores puntas de oferta y demanda o puntas *bid* y *ask* provenientes de las negociaciones en el sistema SET-ICAP. Adicionalmente, se recolectó la información de las subastas de opciones y compras directas por medio de las cuales el Banrep realizó intervenciones y sobre las sorpresas que se deducen de los anuncios macroeconómicos internos y externos y las encuestas de expectativas de Bloomberg sobre las que los IMC realizan sus apuestas en el mercado. Finalmente, de Rincón (2000) y Rincón-Castro *et al.* (2020) se obtuvo un indicador diario del impuesto a las entradas de capital, cuando fueron positivos entre 2007 y 2008.

Más específicamente, construimos series intradía de la tasa de cambio peso/dólar de los Estados Unidos y las mejores

puntas *bid* y *ask* en intervalos de 5, 7 y 10 minutos, para las respectivas submuestras, como se explicó antes, desde las 8:00, cuando abre el mercado cambiario, hasta las 13:00, cuando cierra, para todos los días de transacción en el mercado *spot*. Para el cálculo de los precios intradía se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si al final de un intervalo se presentaron transacciones, se toma el promedio ponderado de los intervalos anterior y siguiente.
- Si hubo más de dos intervalos seguidos sin negociaciones, se toma el promedio de las puntas *bid* y *ask*.
- El monto negociado en el intervalo es la suma del total de cierres del intervalo.
- Las mejores puntas *bid* y *ask* al final de cada intervalo de 5, 7 y 10 minutos se calculan por muestreo en tiempo continuo en los límites superiores de los intervalos. La única consideración para tener en cuenta es que cuando el muestreo arroja valores 'perdidos', el valor del intervalo se estima con el valor por muestreo del intervalo próximo anterior que contiene información.

Adicionalmente, para la construcción de la base de datos intradía de las operaciones de intervención se estableció la hora de la subasta (HH:MM:SS), de acuerdo con la hora mínima de la última modificación de la primera oferta aceptada en la subasta. Esta hora se ubica en el intervalo correspondiente y el monto considerado es el total aprobado durante la subasta. Las subastas realizadas fuera de las horas del mercado *spot* se ubican a las 8:05 del día siguiente de operación.

Con el fin de confrontar el hecho de que el mercado colombiano opera solamente entre las 8:00 y las 13:00 horas, junto con el hecho de que no opera los fines de semana y festivos, siguiendo a Fuentes *et al.* (2014) decidimos eliminar los retornos que cobren los períodos en que el mercado no opera. Racionalizamos esta elección de la siguiente manera.

Hay varias alternativas para confrontar esta problemática. Una es suponer una difusión de volatilidad tipo *black sholes* y dividir los retornos problemáticos por el factor de escala adecuado. Otra posibilidad es simplemente estimar tantas variables cualitativas como sea necesario para amortiguar el efecto de dichas observaciones. Una opción alternativa que se revisó fue adicionar observaciones intradía empleando algún tipo de interpolación. Sin embargo, ninguna de estas soluciones remueve totalmente el efecto distorsionador que podrían generar esos retornos e, incluso, llegan a incrementar esos sesgos.

Teniendo en cuenta que ninguna de las anteriores alternativas es perfecta, seguimos en este trabajo lo hecho por Fuentes *et al.* (2014), que es eliminar completamente el retorno entre el cierre de un día y el inicio del siguiente. Esta alternativa elimina la distorsión por tres razones primordiales.

Como primera medida el retorno en cuestión es por definición el más ruidoso, es decir el que menos trae la señal del efecto de la intervención entre todos los retornos calculados. Esto es resultado del funcionamiento del mercado. En efecto, el retorno entre el cierre de un viernes y la apertura de un martes, por ejemplo, pareciera recoger toda la información que aparece por fuera del mercado durante ese largo período. Sin embargo, es un hecho estilizado del mercado cambiario que simultáneamente la volatilidad es más alta, el *turnover* más bajo y el *BAS* más amplio al iniciar y finalizar la sesión (véase Julio, 2015). Como resultado, entre el cierre de un día de operación y la apertura del siguiente el retorno es una señal ruidosa.

Segundo, el mercado toma tiempo en incorporar la información que ocurre entre el cierre de un día y la apertura del siguiente día de operación. Es un hecho estilizado del mercado cambiario que la apertura se caracteriza por alta incertidumbre, bajo *turnover* y alto *BAS*, y que estos indicadores van mejorando en la medida en la que los agentes realizan cierres con los cuales liberan al mercado su creencia (es decir, su información privada) sobre el efecto de los eventos que ocurrieron por fuera del mercado. En tanto esta información se incorpora pasa una cantidad considerable de tiempo durante el cual la volatilidad de los retornos se reduce, el *turnover* se incrementa y el *BAS* se reduce hasta llegar al período más líquido, que inició después de las 10:00. Como resultado, al eliminar el retorno entre el cierre de un día de operación y la apertura del siguiente no se pierde la información sobre el efecto de los eventos que ocurrieron por fuera del mercado.

Tercero, la eliminación de este retorno podría tener un efecto importante en modelos dinámicos, pero el análisis de eventos sobre la tasa de cambio es parcialmente dinámico. En efecto, un hecho estilizado de los retornos de la tasa de cambio es que su autocorrelación es muy baja o casi nula, lo cual es posiblemente resultado de la hipótesis de los mercados eficientes. Como resultado, el análisis de eventos resulta ser muy distinto a un modelo dinámico tipo Arima para ser un rezago distribuido de un regresor predeterminado, como la intervención. En estas circunstancias la eliminación de la información de un intervalo particular no sesga la estimación del efecto de los demás intervalos. Una manera de entenderlo más fácilmente es pensar en un diseño experimental con un tratamiento que tiene  $k$  niveles, pero que al momento de realizar la inferencia se elimina la información de uno de esos niveles. El efecto de los demás niveles no se sesga.

Este resultado también se apoya en un ejercicio en el cual hicimos estimaciones con ventanas crecientes alrededor de la intervención desde una hora hasta las cuatro horas reportadas. Este ejercicio mostró que, al incrementar la ventana, los parámetros estimados no cambiaron. Dicho de otra manera, al reducir la ventana, es decir, al reducir el número de rezagos distribuidos, los efectos estimados no cambian.

Por último, construimos sorpresas estandarizadas de anuncios macroeconómicos sobre inflación, tasa de política monetaria,

confianza del consumidor y crecimiento del PIB para Colombia y Estados Unidos; esta última se utiliza como *proxy* de las sorpresas macroeconómicas que ocurren en el mercado internacional. Aquí seguimos la metodología de construcción de las “sorpresas” propuestas por Andersen *et al.* (2003) y Fuentes *et al.* (2014).

La estrategia empírica que utilizamos para las estimaciones se basa en la rama del flujo de información de los modelos de microestructura del mercado y de la intervención cambiaria. Estos modelos se implementan por medio de estudios de eventos como en Domínguez (2003, 2006) y Fuentes *et al.* (2014). Los modelos explican las mediciones intradía de los retornos de la tasa de cambio, su volatilidad, el *turnover* del mercado y el BAS, en función del monto signado de la intervención en una ventana de rezagos y adelantos de aproximadamente ocho horas, más de un día de operación. Como contrafactual se utilizan las sorpresas macroeconómicas, es decir, los fundamentales, las estimaciones de la estacionalidad, para el caso de la volatilidad, y otros controles.

La metodología descrita permite solucionar, por lo menos en parte, los problemas de endogeneidad y la ausencia de un contrafactual, que son característicos de este tipo de análisis. Además, permite determinar si los IMC estuvieron en capacidad de anticipar la intervención.

Teniendo en cuenta la mecánica de las subastas de opciones, las cuales se anuncian, confirman o son resultado de eventos al final de la operación del día anterior, estudiamos también el mercado cambiario al inicio del día de la intervención, con el ánimo de detectar si la simple confirmación de la intervención lo afecta. Los resultados de este análisis no se presentan en esta sección debido a cuestiones de espacio, sin embargo, pueden ser solicitados a los autores. Lo que se concluye de allí es que la tasa de cambio sufre un impacto, pero el tamaño de este es económicamente pequeño y perdura solo unos minutos. La volatilidad de la tasa de cambio y el *turnover* responden de manera variada. El BAS aumenta alrededor del inicio de la sesión, pero dicho aumento se disuelve unos minutos después.

Por último, como la volatilidad de los retornos intradía de la tasa de cambio tiene un componente estacional por el que hay que controlar a la hora de realizar las estimaciones, procedemos a realizarlo. Para las tres submuestras analizadas detectamos y estimamos la estacionalidad intradía de la volatilidad para los días de control, es decir, los de no intervención. Tal volatilidad se caracteriza por ser alta al inicio del día, luego se reduce rápidamente en la medida en que, simultáneamente, las puntas *bid* y *ask* se reducen y los montos negociados se incrementan. La volatilidad alcanza su mínimo al momento en que la liquidez del mercado es la más alta y se incrementa de nuevo al final del día. Esta ‘sonrisa’ estacional es clara tanto en días de no intervención como en días de control. Controlar por este comportamiento estacional de la volatilidad es un requisito importante para evitar sesgos en la estimación del efecto de la intervención sobre la volatilidad y para incrementar la eficiencia (Domínguez, 2006).

### A.1.7 Sorpresas macroeconómicas (sección 3)

Las sorpresas macroeconómicas se definen como la diferencia entre el anuncio macroeconómico (dato publicado),  $A_{jt}$ , y la mediana de las expectativas de los analistas,  $\bar{A}_{jt}$ , de acuerdo con las encuestas realizadas por Bloomberg y se estandariza por el rango intercuartílico de la diferencia (sorpresa),  $IQR_{A_{jt}-\bar{A}_{jt}}$ :

$$K_{jt} \equiv \frac{A_{jt} - \bar{A}_{jt}}{IQR_{A_{jt}-\bar{A}_{jt}}}$$

### A.1.8 Modelo de regresión (sección 3)

Siguiendo a Domínguez (2003, 2006) y Fuentes *et al.* (2014), se estimaron una serie de regresiones de análisis de eventos para estudiar el efecto de la intervención sobre la tasa de cambio. En adición se estiman los efectos sobre su volatilidad, el *turnover* del mercado y el BAS. Los pasos que se siguen son los listados a continuación:

1) Estimar por GMM el siguiente modelo de análisis de eventos y escoger la estructura óptima de rezagos<sup>1</sup>:

$$(1) \quad R_{t,n} = \beta_0 + \sum_{l=-m_1}^{m_1} \beta_{1,l} I_{t,n+l} + \sum_{j=1}^n \sum_{l=-m_k}^{m_k} \beta_{2,n+l}^j K_{t,n+l} + \sum_{k=1}^{p^R} \beta_{3,k} R_{t,n-k} + \varepsilon_{t,n}$$

- $R_{t,n}$ : retorno de la tasa de cambio del peso.
- $I_{t,n+l}$ : adelantos y rezagos de monto o *dummy* de ocurrencia de la intervención signada en el momento de la subasta o al inicio del día de subasta.
- $K_{t,n+l}$ : adelantos y rezagos de las sorpresas macroeconómicas.
- $R_{t,n-k}$ : rezagos de la tasa de cambio.

2) Estimar por GMM el siguiente modelo de análisis de eventos para el efecto de la intervención sobre la volatilidad de la tasa de cambio y escoger la estructura óptima de rezagos.

$$(2) \quad V_{t,n} = \gamma_0 + \sum_{l=-m_1}^{m_1} \gamma_{1,l} I_{t,n+l} + \sum_{j=1}^n \sum_{l=-m_k}^{m_k} \gamma_{2,n+l}^j K_{t,n+l} + \sum_{k=1}^{p^R} \gamma_{3,k} V_{t,n-k} + \gamma_4 s_{t,n} + \omega_{t,n}$$

- $V_{t,n}$ : volatilidad del retorno de la tasa de cambio del peso.
- $I_{t,n+l}$ : adelantos y rezagos de monto o *dummy* de ocurrencia de la intervención signada en el momento de la subasta o al inicio del día de subasta.
- $K_{t,n+l}$ : adelantos y rezagos de las sorpresas macroeconómicas.
- $V_{t,n-k}$ : rezagos de la volatilidad de la tasa de cambio.
- $s_{t,n}$ : estacionalidad intradía de la volatilidad.

1 Se utiliza GMM como un instrumento para para obtener la matriz de varianzas y covarianzas de los coeficientes estimados, consistente bajo autocorrelación y volatilidad. No se emplean instrumentos.

El modelo de estimación del efecto de la intervención sobre el *turnover* y el *BAS* sigue la misma estructura de la ecuación (1). El método de estimación también es GMM.

### A.1.9 Volatilidad estacional intradía: metodología de estimación y senda intradía en las muestras de intervención y de control (sección 3)

#### Metodología de estimación

Se supone que la tasa de cambio diarios  $R_t \sim MA(1) - GARCH(1,1)$  con volatilidad  $\sigma_t$  y que el retorno del  $n$ -ésimo período intradía  $R_{t,n}$  para el día  $t$ :

$$(1) R_{t,n} - E[R_{t,n}] = \frac{\sigma_t s_n Z_{t,n}}{\sqrt{N}} = \frac{\sigma_t}{\sqrt{N}} s_n Z_{t,n}$$

Donde  $s_n$  es el componente estacional intradía,  $\sigma_t$  la volatilidad no estocástica diaria,  $n$  es el número de períodos intradía en un día, y  $Z_{t,n} \sim$  ruido blanco (0,1).

Así, siguiendo a Andersen *et al.* (2003), definimos:

$$(2) x_{t,n} = 2 \log \left[ \frac{R_{t,n} - E[R_{t,n}]}{\sigma_t} \right] - \log \sigma_t^2 + \log N = \log S_n^2 + \log Z_{t,n}^2$$

El enfoque es a partir de una regresión no lineal de la volatilidad en el intervalo intradía con base en:

$$(3) x_{t,n} = f_n + \log Z_{t,n}^2 - E[\log Z_{t,n}^2] = f_n + u_{t,n}$$

Donde  $u_{t,n}$  es independiente e idénticamente distribuido (i.i.d.) con media cero y  $f_n$  se aproxima como:

$$(4) f_n = \mu_0 + \mu_1 \frac{n}{N_1} + \mu_2 \frac{n^2}{N_2} + \sum_{p=1}^p \left( \gamma_p \cos \frac{2\pi p}{N} n + \delta_p \sin \frac{2\pi p}{N} n \right)$$

Donde  $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \gamma_p, \delta_p$  son coeficientes fijos,  $N_1 = (N+1)/2$  y  $N_2 = (N+1)(N+2)/6$ ,  $N$  es el número de intervalos en el día y  $p$  es el orden de la aproximación o suavización. Si  $\hat{f}_n$  es el valor estimado de la regresión anterior, el estimador del componente periódico estacional de la volatilidad para el intervalo  $n$ -ésimo es:

$$(5) \hat{s}_n = \frac{\exp\left(\frac{\hat{f}_n}{2}\right)}{\sum_{n=1}^N \exp\left(\frac{\hat{f}_n}{2}\right)}$$

donde la estimación de  $s_n$  se realiza con las observaciones de los días de la muestra de control.

### A.1.10 Cálculo de los *spreads* en el mercado *spot* de los clientes (sección 5)

Inicialmente, para cada una de las operaciones diarias *spot* de los clientes se calculó la tasa de referencia de las transacciones *spot* realizadas entre los IMC en la misma fecha y para una ventana de tiempo de cinco minutos antes y cinco minutos después de la hora en que se ejecutó cada operación (estas operaciones se realizan entre las 8:00 y las 13:00 horas).

Es decir, para cada operación de los clientes en el mercado *spot*, la variable tasa de referencia de los IMC corresponde a:

$$\text{Tasa de referencia IMC} = \frac{\sum_{t=t-5}^{t+5} \text{Monto IMC}_t \times \text{tasa IMC}_t}{\sum_{t=t-5}^{t+5} \text{Monto IMC}_t}$$

Donde:

- $t-5$  = la hora del día específico en que se realizó la operación de los clientes menos 5 minutos.
- $t+5$  = la hora del día específico en que se realizó la operación de los clientes más 5 minutos.
- $\text{Monto IMC}_t$  = el monto en dólares de la operación realizada entre los IMC en la fecha y hora  $t$ .
- $\text{tasa IMC}_t$  = la tasa en pesos que se cobró por cada dólar de la operación realizada entre los IMC en la fecha y hora  $t$ .

Una vez obtenida esta variable, se calculó un *spread* inicial para cada operación realizada entre los IMC y los clientes, que corresponde a la diferencia en pesos entre la tasa peso-dólar que se cobró y la tasa de referencia de los IMC. Nótese que, una vez obtuvimos el *spread* inicial, identificamos aquellos que fueran mayores al 10% de la tasa de referencia de los IMC y los omitimos de los cálculos posteriores porque son considerados valores muy altos. Luego, se estimó el costo total de intermediación en cada observación (monto *spread*), como el *spread* inicial multiplicado por el monto en dólares transado (monto clientes).

Para hallar el margen de intermediación diario de todas las operaciones realizadas por cada grupo de cliente, se cuantificó el costo que asumen estos agentes cuando su posición es compradora (*spread* de compra) y cuando su posición es vendedora (*spread* de venta). Estos dos indicadores se obtuvieron como se muestra a continuación:

$$\text{spread de compra}_{i,t} = \frac{\sum \text{Monto spread}_{i,t}}{\sum \text{Monto clientes}_{i,t}} \quad \forall i \in \text{categoría comprador}$$

$$\text{spread de venta}_{i,t} = \left| \frac{\sum \text{Monto spread}_{i,t}}{\sum \text{Monto clientes}_{i,t}} \right| \quad \forall i \in \text{categoría vendedor}$$

Donde  $i$  es igual a cada una de las categorías en que se agrupan los clientes (sector real, extranjeros, fiduciarias, FPC y aseguradoras) y  $t$  cada uno de los días del período de estudio. Finalmente, se obtuvo el indicador del costo total de intermediación que asumen los clientes en las operaciones que realizan con los IMC, que corresponde a la suma de los *spreads* diarios de compra y venta para cada tipo de agente.

### A.1.11 Modelo Egarch-M (sección 5)

Los modelos Egarch son útiles para estimar el efecto que tienen tanto choques positivos como negativos sobre la varianza condicional. Igualmente, a diferencia de los modelos Garch, los modelos Egarch no imponen restricciones de no negatividad en los parámetros de la varianza. Los modelos EGarch tienen dos ventajas: 1) son adecuados para estimar la volatilidad de variables financieras como la tasa de cambio; 2) capturan el efecto de choques asimétricos en la ecuación de la varianza.

Debido a la naturaleza no estacionaria de la tasa de cambio, las estimaciones se realizan sobre la variación o retorno de dicha variable. El retorno se mide como la primera diferencia del logaritmo de la tasa representativa del mercado (TRM).

Estimamos un modelo Egarch-M (1,1) con la siguiente especificación:

La ecuación de la media es igual a:

$$\begin{aligned} \text{Retornos}_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{Retornos}_{i-1} + \beta_2 D(\text{CDS})_i + \beta_3 D(\text{Dif\_Tasas})_i \\ & + \beta_4 \text{Retornos Brent}_i + \beta_5 \text{Dummy I\_preanunciada}_i + \beta_6 \text{Bid-ask}_i \\ & + \beta_7 \text{Dummy I\_preanunciada} * (\text{Bid-ask}_i) + \beta_8 \sqrt{h_i} + \varepsilon_i \end{aligned}$$

En nuestro modelo los errores no se distribuyen normal, pues aquellos se ajustan a una distribución generalizada para cada una de las especificaciones. En los resultados se reportan los valores del parámetro GED que resulta significativo e inferior a 2 en todas las especificaciones.

La ecuación de la varianza es igual a:

$$\ln(h_i) = \alpha_0 + \alpha_1 \left| \frac{\varepsilon_{i-1}}{\sqrt{h_{i-1}}} \right| + \alpha_2 \frac{\varepsilon_{i-1}}{\sqrt{h_{i-1}}} + \alpha_3 \ln(h_{i-1}) + \alpha_4 (\text{Bid-ask}_i)$$

Donde:

- $\beta_0$  corresponde a la constante de la ecuación de la media
- $\beta_1$  recoge el efecto del rezago de los retornos de la tasa de cambio
- $\beta_2$  recoge el efecto de cambios en los CDS de Colombia a 5 años
- $\beta_3$  recoge el efecto de cambios en el diferencial de tasas de interés
- $\beta_4$  recoge el efecto de los retornos del precio del petróleo Brent
- $\beta_5$  recoge el efecto de las compras de divisas de la intervención preanunciada incluido como una *dummy* o como el monto de intervención en dólares
- $\beta_6$  recoge el efecto del *bid-ask spread* (BAS)
- $\beta_7$  recoge el efecto de la interacción entre la intervención cambiaria preanunciada y la liquidez cambiaria
- $\beta_8$  recoge el efecto de la desviación estándar condicional
- $h_i$  es la varianza condicional
- $\alpha_0$  corresponde a la constante de la ecuación de la varianza
- $\alpha_1$  recoge los efectos simétricos de choques positivos y negativos sobre la varianza

$\alpha_2$  recoge los efectos asimétricos de choques positivos y negativos sobre la varianza

$\alpha_3$  recoge el efecto Garch

El resto de los coeficientes en la ecuación de la varianza recogen el efecto de cada variable en la varianza condicional.

Para determinar el orden de integración de las variables se hacen las respectivas pruebas de raíz unitaria Dickey-Fuller y DF-GLS. De acuerdo con estas pruebas, todas las variables incluidas en la ecuación de la media y en la ecuación de la varianza son estacionarias.

### A.1.12 Modelo discreto de regresión de umbrales (sección 5)

El modelo discreto de regresión de umbrales es un modelo no lineal con cambio de régimen que ocurre cuando una variable observada cruza umbrales desconocidos por el estadístico. En nuestro modelo, la variable umbral es el BAS.

En nuestra especificación se identifican dos regímenes,  $m = 2$ . Para las observaciones en el régimen  $j = 0, 1, 2$  tenemos la siguiente especificación lineal:

$$\begin{aligned} \text{Retornos}_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{Retornos}_{i-1} + \beta_2 D(\text{CDS})_i + \beta_3 D(\text{Dif\_Tasas})_i \\ & + \beta_4 \text{Retornos Brent}_i + \beta_5 \text{Dummy I\_preanunciada}_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Se asume que los parámetros de las variables  $\text{Retornos}_{i-1}$  y  $\text{Dummy I\_preanunciada}_i$  varían entre regímenes, mientras que los parámetros de las demás variables no fluctúan dependiendo del nivel de la variable umbral.

En nuestro modelo BAS es una variable observada, y se supone que tiene umbrales estrictamente crecientes. De esta manera el modelo de dos regímenes estimado es:

$$\begin{aligned} \text{Retornos}_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{Retornos}_{i-1} + \beta_2 D(\text{CDS})_i + \beta_3 D(\text{Dif\_Tasas})_i \\ & + \beta_4 \text{Retornos Brent}_i + \beta_5 \text{Dummy I\_preanunciada}_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

$$\text{si } -\infty < \text{bid} - \text{ask} < \gamma_1$$

$$\begin{aligned} \text{Retornos}_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{Retornos}_{i-1} + \beta_2 D(\text{CDS})_i + \beta_3 D(\text{Dif\_Tasas})_i \\ & + \beta_4 \text{Retornos Brent}_i + \beta_5 \text{Dummy I\_preanunciada}_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

$$\text{si } \gamma_1 \leq \text{bid} - \text{ask} < \infty$$

Donde  $\gamma_1$  es el umbral determinado por el modelo de manera secuencial. Es decir, el modelo inicialmente estima el umbral que minimiza la suma de los errores al cuadrado, y luego, dado el valor inicial del umbral, busca valores adicionales que minimizan dicha suma hasta encontrar el valor de umbrales óptimo. En esta metodología no se conoce el número de umbrales. Tan solo se especifica un número máximo permitido de umbrales y el modelo selecciona el número de umbrales óptimo.

### A.1.13 Metodología del VAR por umbrales, Tvarx, y Stvarx (sección 6)

La formulación del modelo Tvarx en el caso dos regímenes (estados), donde  $Y_t$  contiene las variables endógenas y  $X_t$  las exógenas, es el siguiente:

$$Y_t = \begin{bmatrix} EMBICOL \\ TIB \\ INTERCOM\$ \\ DDLTC \end{bmatrix} \quad X_t = \begin{bmatrix} VIX \\ EFR \\ DDLBRENT \\ EMBIEME \end{bmatrix}$$

$$Y_t = \varphi_a + \Phi_{a1}Y_{t-1} + \dots + \Phi_{aPa}Y_{t-Pa} + \Pi_a X_t + u_{at} \quad \text{si } S_{t-d} > \gamma, \text{ régimen alto}$$

$$Y_t = \varphi_b + \Phi_{b1}Y_{t-1} + \dots + \Phi_{bPb}Y_{t-Pb} + \Pi_b X_t + u_{bt} \quad \text{si } S_{t-d} \leq \gamma, \text{ régimen bajo}$$

$$\text{donde } \Sigma_a = \text{Cov}(u_{at}, u_{at}') \neq \text{Cov}(u_{bt}, u_{bt}') = \Sigma_b.$$

Note que las varianzas entre regímenes son diferentes. La formulación del modelo Tvarx con tres regímenes o estados es:

$$(3) Y_t = \varphi_a + \Phi_{a1}Y_{t-1} + \dots + \Phi_{aPa}Y_{t-Pa} + \Pi_a X_t + u_{at} \quad \text{si } S_{t-d} > \gamma_a, \text{ régimen alto}$$

$$(4) Y_t = \varphi_m + \Phi_{m1}Y_{t-1} + \dots + \Phi_{mPm}Y_{t-Pm} + \Pi_m X_t + u_{mt} \quad \text{si } \gamma_b < S_{t-d} \leq \gamma_a, \text{ régimen medio}$$

$$(5) Y_t = \varphi_b + \Phi_{b1}Y_{t-1} + \dots + \Phi_{bPb}Y_{t-Pb} + \Pi_b X_t + u_{bt} \quad \text{si } S_{t-d} \leq \gamma_b, \text{ régimen bajo}$$

Las pruebas de no linealidad favorecen la no linealidad de, al menos, una de las ecuaciones del VARX en favor de la representación con umbrales para cada variable de transición considerada. Las pruebas implementadas siguen a Hansen (1997) y Schmidt (2019). Trabajamos una ecuación a la vez y realizamos 50.000 réplicas de *bootstrapping* en bloques de longitud 5. Los resultados se reportan en el Cuadro A1.1.

Ahora, como existe una posible simultaneidad entre la intervención y el retorno de la tasa de cambio, utilizamos la siguiente estrategia de identificación para cada régimen  $r$  (recurrirse que existe linealidad condicional del Tvarx en cada régimen): defínase  $u_t^r$  los residuos del VARX en forma reducida de cada régimen y  $\varepsilon_t^r$  los choques estructurales, entonces, el sistema Tvarx estructural (Stvarx) es:  $A_r u_t^r = B_r \varepsilon_t^r$

$$\text{donde: } A_r = \begin{bmatrix} 1 & a_2 & 0 & 0 \\ b_1 & 1 & b_2 & 0 \\ c_1 & c_2 & 1 & c_4 \\ d_1 & d_2 & d_3 & 1 \end{bmatrix} \quad B_r = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Las constantes en la matriz  $A$ , se estiman por métodos numéricos, según criterio de máxima verosimilitud.

Las funciones de impulso-respuesta (FIR) de los choques al EMBI-emergentes y al precio del crudo Brent reportan los "traspasos" ( $T$ ), definidos de la siguiente manera:

**Traspaso del choque del riesgo-país:** traspaso acumulado de la intervención cambiaria sobre el retorno de la tasa de cambio,

dadas las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante el choque del EMBI-emergentes.

$$T_\tau^{EMBIE} = \frac{\sum_{j \leq \tau} \frac{\partial \Delta e_{t+j}}{\partial \varepsilon_t^{EMBIE}}}{\sum_{j \leq \tau} \frac{\partial \text{IntCom}_{t+j}}{\partial \varepsilon_t^{EMBIE}}}$$

**Traspaso del choque del precio del crudo:** traspaso acumulado de la intervención cambiaria sobre el retorno de la tasa de cambio, dadas las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante el choque del precio del Brent.

$$T_\tau^{BRENT} = \frac{\sum_{j \leq \tau} \frac{\partial \Delta e_{t+j}}{\partial \varepsilon_t^{BRENT}}}{\sum_{j \leq \tau} \frac{\partial \text{IntCom}_{t+j}}{\partial \varepsilon_t^{BRENT}}}$$

Cuadro A1.1 Evidencia de no linealidad en el VAR

Ecuación	Estadística	Q80	Q90	Q95	Q99	Valor-p
<b>Var. Transición: brecha de la tasa de cambio real</b>						
EMBICOL	23,78	18,54	19,79	33,61	30,97	0,04
TIB	13,57	20,12	21,54	37,65	34,15	0,50
INTERCOM\$	158,22	22,61	24,28	44,62	39,40	0,00
DDLTC	40,09	28,15	30,10	60,93	51,78	0,05
<b>Var. Transición: brecha de las reservas internacionales</b>						
EMBICOL	6,16	15,44	16,42	28,39	24,72	0,87
TIB	17,27	16,95	17,97	32,84	27,89	0,12
INTERCOM\$	33,10	19,35	20,47	41,06	33,43	0,10
DDLTC	32,09	24,43	25,78	64,32	48,78	0,06
<b>Var. Transición: cambio de la postura de política monetaria</b>						
EMBICOL	41,62	27,38	28,79	51,38	45,64	0,00
TIB	117,90	29,24	30,84	56,97	49,78	0,00
INTERCOM\$	95,11	32,31	34,02	66,66	57,04	0,01
DDLTC	80,13	38,57	40,68	92,12	74,04	0,01

Nota: el cuadro reporta las pruebas de no linealidad. Trabajamos una ecuación a la vez y realizamos 50.000 réplicas de *bootstrapping* en bloques de longitud 5. Los resultados se reportan en, al menos, una de las ecuaciones del VARX. En general, los coeficientes de las variables dicotómicas resultan estadísticamente significativos, resultado que respalda la no linealidad tipo umbral para cada una de las variables de transición empleadas.

Fuente: estimaciones de los autores.

### A.1.14 Metodología y cómo leer los resultados (sección 6)

Para cada variable de transición se evalúa, primero, la no linealidad (esto se realizó en el numeral A.1.13). Una vez descartada la linealidad del proceso multivariado generador de datos en favor del modelo de umbrales, la selección del desfase  $d$ , lo mismo que la cantidad de regímenes (dos o tres), se hace mediante criterios de información de manera simultánea.

En los casos de las brechas de la tasa de cambio real y de las reservas internacionales, se fijó el umbral en cero y se estimaron solo dos regímenes, para facilitar la interpretación económica de los resultados, a pesar de que el criterio sugería tres regímenes. En el Gráfico A1.1 se muestra el resultado de calcular el criterio de información de Schwarz a medida que cambia el valor del umbral, para los dos primeros modelos (variables de transición). Cabe notar que el valor empleado en cero no es el que logra el mejor ajuste de los modelos. En el resto de los casos los umbrales se estiman por máxima verosimilitud y se utiliza el método de “búsqueda de malla”, garantizando que en cada régimen hay al menos 15% de las observaciones.

¿Cómo se leen los resultados? Cada gráfico de la variable de transición (VT) resalta horizontalmente el (los) umbral (es) y en colores rosado y gris los regímenes alto y bajo, respectivamente, en el caso de las brechas de la tasa de cambio real (Gráfico A3.8) y de las reservas internacionales (Gráfico A3.9). Para la postura de política monetaria (Gráfico A3.10), adicionalmente a los dos regímenes descritos se añade un régimen medio, el cual es de color blanco.

Los regímenes tienen la siguiente interpretación (véanse las definiciones algebraicas en el numeral A.1.13):

- Desalineamiento o brecha de la tasa de cambio real; régimen alto: el peso está depreciado en términos reales; régimen bajo: el peso está apreciado en términos reales; 0: el peso está en equilibrio en términos reales.
- Desalineamiento o brecha de las reservas internacionales (RI); régimen alto: nivel de las RI por encima de la tendencia; régimen bajo: nivel de las RI por debajo de la tendencia; 0: nivel de tendencia de las RI.
- Cambio de la postura de política monetaria; régimen alto: postura monetaria (PM) restrictiva; régimen medio: PM neutra; régimen bajo: PM laxa.

Luego, las funciones de impulso-respuesta (FIR) básicas reportan la respuesta diaria en porcentaje de la tasa de cambio ante un aumento de las compras de USD 1 millón.

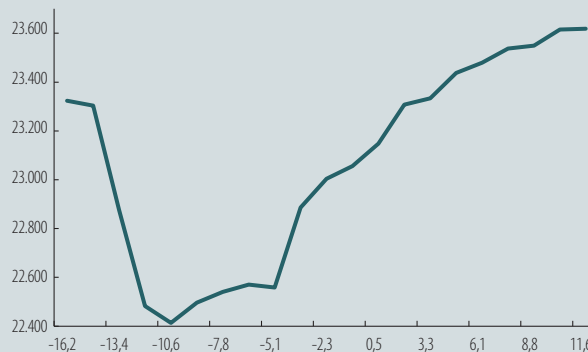
Por último, las FIR de los traspasos de los choques del riesgo-país (EMBI-emergentes) y del precio del crudo (Brent) miden el grado de traspaso acumulado de la FXI sobre la tasa de cambio, condicionado a las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante los dos choques (numeral A.1.13). Esta definición la tomamos de Rincón-Castro *et al.* (2017), quienes la utilizan para estimar el traspaso de la tasa de cambio sobre los precios en Colombia.

Debemos resaltar que el choque de la intervención cambiaría que aparece en las FIR equivale a una compra de USD 1 millón y que es restringido, de tal forma que los coeficientes de todos los rezagos de la ecuación de la variable *compras* son cero. Esta restricción se impone para evitar la dinámica en las respuestas de la intervención y, en particular, para que ella actúe solo al impacto.

Todas las FIR se presentan junto con sus intervalos de confiabilidad del 90%. Estos intervalos se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. Implementamos este tipo de simulación como lo sugiere Mammen (1993), para considerar la presencia de heteroscedasticidad remanente en los residuos de los modelos. Sin embargo, en algunos de los modelos se presenta autocorrelación residual, la cual, aunque mínima, sugiere que la amplitud de los intervalos de confianza de los IRF se lea con cautela. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.

Gráfico A1.1  
Criterios de información bayesiano según valor de umbral

#### A. BIC según umbral, var. transición de la brecha de la tasa de cambio real



#### B. BIC según umbral, var. transición de la brecha de las reservas internacionales



Nota: el gráfico muestra los cálculos del criterio de información de Schwarz a medida que cambia el valor del umbral, para los dos primeros modelos (variables de transición). Es de notar que el valor empleado en cero no es el que logra el mejor ajuste de los modelos.

Fuente: estimaciones de los autores.

## Anexo 2

### Datos y fuentes

#### A.2.1 Variables, datos y fuentes de información (secciones 2, 4 y 5)

Las series reportan los valores observados en los días hábiles (se excluyen sábados, domingos y festivos de Colombia). El período completo de la base de datos va desde 2000 hasta 2019 y la frecuencia es diaria. La base fue construida por Rincón y Toro (2010), actualizada por Rincón *et al.* (2020) y complementada con series adicionales para las respectivas secciones del artículo.

**Depreciación esperada:** la depreciación esperada para fin de mes se toma de la encuesta mensual de expectativas de tasa de cambio del Banco de la República. Se convierte a frecuencia diaria mediante el filtro de Litterman, con la tasa implícita de devaluación *forward* diaria como variable de conversión. Fuente: Banco de la República y cálculos propios.

**Tasa de interés interna de mercado:** tasa de interés de los CDT con plazo a treinta días. El dato faltante en el último día de cada año se calculó como el promedio del valor entre  $t - 1$  y  $t + 1$ . Fuente: Banco de la República y cálculos propios.

**Tasa de interés externa de mercado:** tasa interbancaria de Londres para préstamos con plazos a treinta días. Los datos de los días festivos en el mercado de Londres, pero hábiles en Colombia, se obtuvieron como el promedio de los valores en  $t - 1$  y  $t + 1$ . Fuente: <https://fred.stlouisfed.org/series/USD1MTD156N>

**Tasa de interés de los bonos del Gobierno colombiano:** tasas diarias cero cupones a un término de un mes. El dato faltante en el último día de cada año se calculó como el promedio del valor entre  $t - 1$  y  $t + 1$ . Fuentes: Ministerio de Hacienda y Crédito Público, y Banco de la República; cálculos de los autores.

**Tasa de interés de los bonos del gobierno de los Estados Unidos:** tasa de interés de los bonos del Tesoro de los Estados Unidos a cuatro semanas (sin ajustar estacionalmente). Los datos de los días festivos en el mercado de Estados Unidos, pero hábiles en Colombia, se obtuvieron como el promedio de los valores en  $t - 1$  y  $t + 1$ . Fuente: <https://fred.stlouisfed.org/series/DTB4WK>

**Variables instrumentales para la intervención cambiaria:** se construyen cumpliendo los siguientes pasos: 1) construcción de un glosario que contenía las siguientes palabras: tasa de cambio, peso, dólar, apreciación, depreciación, apreciado, depreciado, devaluación, revaluación, volatilidad, preocupación, competitividad, compra de dólares, venta de dólares, reservas internacionales, mercado cambiario, defender y flexibilidad. Se excluyen los comunicados oficiales del banco central sobre intervención cambiaria. 2) Identificación de las autoridades re-

levantes, desde el punto de vista cambiario, que realizaron los anuncios: banco central: gerente o miembros de la Junta Directiva, y nivel Ejecutivo: presidente de la República o ministro de Hacienda. 3) Búsqueda de fuentes alternativas de información (medios de comunicación visuales, orales, escritos) y terminales de información. 4) Utilización del diccionario y un motor de búsqueda en la terminal seleccionada para la identificación y extracción de los anuncios. La terminal de información seleccionada fue Reuters. Las dos variables instrumentales construidas fueron:

**NEWS:** variable cualitativa que contiene anuncios de las autoridades definidas y sobre las palabras identificadas. La variable toma el valor de 1 si el anuncio busca fortalecer la moneda local (apreciar el peso), -1 si busca debilitarla (depreciar el peso) y 0 si el anuncio no busca fortalecerla o debilitarla. Ejemplo de una observación de la variable NEWS (-1): “el presidente de Colombia, Juan Manuel Santos, se comprometió el martes a mantener las medidas contra la apreciación del peso” (25 de julio de 2011). Fuente: Reuters. Cálculos de los autores. Esta misma variable fue utilizada también como la medida de los anuncios o noticias en la evaluación de la intervención oral.

**REPINT:** variable cualitativa que contiene reportes del banco central sobre operaciones de intervención cambiaria realizadas en el pasado. La variable toma el valor de 1 si el anuncio fortalece el peso, -1 si lo debilita y 0 si el anuncio no lo fortalece ni lo debilita. Ejemplo de una observación de la variable REPINT (-1): “el Banco de la República ha comprado US\$ 1.400 millones entre diciembre de 2003 y lo corrido de agosto de 2004” (24 de agosto de 2004). Fuente: Reuters; cálculos de los autores.

**Intervención cambiaria (INT):** valor de la intervención neta en mercado interbancario de divisas (millones de dólares) por parte del banco central (compras menos ventas). Valores negativos indican que las ventas fueron mayores que las compras. Esta variable no diferencia entre los distintos tipos de intervención. Fuente: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/intervencion-diaria-traves-diferentes-mecanismos>

**Medidas de la intervención cambiaria:** *One day:* variable INT en el día anterior a la del día de la encuesta de expectativas mensuales sobre la tasa de cambio del Banco de la República; *One month:* variable INT acumulada entre las fechas

de la encuesta de expectativas mensuales sobre la tasa de cambio a un mes del Banco de la República; *One year*: variable INT acumulada entre las fechas de la encuesta de expectativas mensuales sobre la tasa de cambio a un año del Banco de la República.

### A.2.2 Variables, datos y fuentes de información (sección 2, canal de microestructura)

La cobertura temporal del estudio tiene en cuenta entre el 4 de enero 2010 y el 25 de octubre de 2019. Durante este período el Banrep implementó dos tipos de intervención esterilizadas en el mercado del dólar: intervención directa preanunciada e intervención directa anunciada. El control es la no intervención.

La fuente de información para los datos de las operaciones entre clientes e IMC proviene de las transacciones intradía reportadas por el sistema de negociación de divisas SET-FX (Cuadro A2.1). Específicamente, se analizaron 835.732 transacciones durante el período de estudio, que corresponde a 1.307 días hábiles. La información incluye los volúmenes de compra y venta, el precio, el tipo de mercado y otras características de las transacciones, que permiten identificar la parte pasiva y activa en la negociación. De acuerdo con el tipo de intervención, la distribución de frecuencias indica que la intervención directa preanunciada se realizó 1.026 días, la intervención directa anunciada se realizó nueve días y en 1.307 días no se registraron episodios de intervención.

En este estudio se consideraron las transacciones realizadas en el mercado *spot* realizadas entre las 8:30 y las 13:00. La conformación del archivo base para las estimaciones se efectuó en dos etapas: al archivo de las transacciones entre clientes se le incorporó la información intradía que mide la liquidez obtenida de las transacciones. Posteriormente, se adicionó la información relacionada con la FXI. Las series utilizadas y sus fuentes se describen en el Cuadro A2.1.

### A.2.3 Datos, fuentes y pormenores de metodología implementada para evaluar el impacto de la intervención oral sobre la tasa de cambio del peso (sección 4)

Los datos de tasa de cambio corresponden a la TRM del dólar estadounidense con respecto al peso colombiano entre el 3 de enero de 2000 y el 30 de abril de 2019. La base fue construida por Rincón y Toro (2010), actualizada por Rincón *et al.* (2020) y complementada con las variables de los anuncios y los comunicados. Las intervenciones orales se obtienen de las noticias que recogen opiniones emitidas por las autoridades cambiarias del país y de los comunicados de prensa oficiales del Banrep, que incluyen anuncios sobre intervenciones materiales futuras (compra o venta), la suspensión de intervenciones realizadas periódicamente o cambios en el mecanismo o el instrumento de intervención. Un ejemplo de un anuncio o noticia es: “El presidente de Colombia, Juan Manuel Santos, se comprometió el martes a mantener las medidas contra la apreciación del peso” (25 de julio de 2011). Como lo mencionamos, este es el instrumento *NEWS* construido para evaluar el canal de portafolio. Un ejemplo de un comunicado oficial de prensa es: “(...) dada la incertidumbre derivada por la actual coyuntura de la economía mundial, la Junta decidió la compra de divisas mediante la utilización del mecanismo vigente de subastas de opciones de acumulación de reservas. Estas subastas se harán mensualmente por un monto de US\$150 millones, con lo cual podrían adquirirse por este mecanismo en un año US\$1.800 millones” (28 de marzo de 2008).

Con base en la información contenida en cada anuncio, se construye una variable categórica signada indicativa de la intención de cada intervención. La variable toma el valor de 1 si la noticia o el comunicado va en la dirección de fortalecer el peso con respecto al dólar, -1 si se trata de un debilitamiento y 0 si hay ambigüedad al respecto. Este último caso, por ejemplo, ocurre si del anuncio de la implementación de una regla para el control de la volatilidad no puede deducirse que se tratará exclusivamente de una compra o exclusivamente de una venta de dólares en el mercado cambiario.

Cuadro A2.1  
Datos y fuentes de información

<b>Tasa de cambio</b>	Serie intradía de “cierres” de operaciones del dólar (COP/USD), incluyendo precios y cantidades, de lo negociado y registrado en el mercado <i>spot</i> entre IMCs y clientes. Información registrada en el Sistema de Negociación del Mercado Cambiario (SET-FX/SET-ICAP).
<b>Intervención cambiaria</b>	Series intradía del monto, fecha y hora y minuto de las intervenciones del Banrep en el mercado cambiario en todas las modalidades: subastas de opciones de acumulación/desacumulación, subastas de opciones de volatilidad, subastas de compra directa de dólares e intervención discrecional en el mercado <i>spot</i> . Se escogen los registros entre las 8:30 am y la 1 pm.
<b>Liquidez del mercado cambiario</b>	Se mide con el <i>Bid-Ask spread</i> del mercado <i>spot</i> del dólar entre las 8:30 am y la 1 pm.
<b>Tamaño del mercado cambiario</b>	Serie diaria de la cantidad transada en el mercado <i>spot</i> . La medida de “profundidad total de ofertas” corresponde al promedio de la sumatoria del monto de todas las cotizaciones de compra y la sumatoria del monto de todas las cotizaciones de venta del peso/dólar, que se extraen de SET-FX cada 5 minutos entre las 8:30 am y la 1:00 pm.
<b>Flujo de órdenes</b>	Es el valor de la transacción precedida por un signo más o menos. Una transacción tiene signo negativo cuando el cliente inicia la negociación, está en la parte activa, y ofrece dólares para la venta. Por otro lado, el signo es positivo cuando el cliente inicia la transacción comprando dólares. A través del tiempo, el flujo de órdenes se puede aproximar con la suma entre órdenes iniciadas por compradores y vendedores.

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

Para analizar el impacto de las intervenciones orales sobre el comportamiento de la tasa de cambio se realiza un estudio de eventos, método que ha sido frecuentemente usado en la literatura previa sobre el mismo tema y en donde cada evento corresponde a un conjunto de una o varias intervenciones cercanas en el tiempo y que tienen una misma intención (véase Fratzcher, 2006, 2008; Jansen y de Haan, 2007; Beine *et al.*, 2009a y b; Bernal y Gnabo, 2009; Zhang *et al.*, 2017; Mirkov *et al.*, 2019). Este método supone que los cambios en la variable estudiada (la tasa de cambio en nuestro caso), ocurridos inmediatamente después de los eventos considerados, son atribuibles a esos eventos y, por tanto, en este caso a las intervenciones orales. En ese sentido se descarta, para el conjunto de esos momentos específicos, la existencia de efectos sistemáticos provenientes de otros factores.

La agrupación de intervenciones orales sucesivas como parte de un único evento facilita el estudio de los movimientos en la tasa de cambio dentro de ventanas de tiempo bien definidas con respecto a la ocurrencia de esas intervenciones (Jansen y de Haan, 2007). Adicionalmente, el método ofrece flexibilidad con respecto al presunto objetivo que pueda tener la autoridad cambiaria con cada evento, puesto que permite evaluar su efecto desde diferentes criterios, correspondientes a diferentes objetivos posibles (Bernal y Gnabo, 2009).

Para definir los eventos y su duración, fijamos un número máximo de días transcurridos entre dos intervenciones orales para ser consideradas como parte de un mismo evento. Siguiendo la práctica común de la literatura previa, consideramos cuatro posibles valores: 2, 5, 10 y 15 días. Estos valores son usados también para definir la duración de las ventanas anterior (pre) y posterior (pos), que son aquellas sobre las cuales se calculan las variaciones de la tasa de cambio para hacer la comparación de su comportamiento anterior y posterior a las intervenciones.

El efecto de las intervenciones orales se examina mediante pruebas de hipótesis que corresponden a los siguientes tipos: dirección (establece si las intervenciones producen movimientos en la tasa de cambio en la dirección deseada); reversión (determina si las intervenciones logran revertir la tendencia previamente observada en la tasa de cambio); suavizamiento (indica si las intervenciones suavizan las variaciones en la tasa de cambio); emparejamiento (analiza el impacto de las intervenciones sobre la tasa de cambio considerando el tamaño de las diferencias entre la ventana posterior y la ventana previa al evento), y rango (establece si las intervenciones son significativas a partir de los rangos de las diferencias entre las ventanas, entendiéndose por rango su posición al ser ordenadas de menor a mayor).

Teniendo en cuenta que el objetivo fundamental asociado con las intervenciones del Banrep en el mercado cambiario puede no estar asociado con el nivel de la tasa de cambio sino con su volatilidad, extendemos el marco de pruebas para incorporar un criterio que mide el cambio en la varianza en períodos posteriores a la ocurrencia de las intervenciones orales. Como para esta prueba el período de dos días para la definición de

las ventanas es muy pequeño para el cálculo correspondiente, ese valor se omite y se agrega una ventana de veinte días.

En términos simples, se trata de hacer un conteo de los casos favorables o exitosos. Por ejemplo, en el caso de la reversión se cuentan como exitosos, en términos de revertir la tendencia, aquellos casos en que la variación de la tasa de cambio en la ventana de tiempo posterior al evento tiene el signo contrario (positivo o negativo) a la variación de la misma variable en la ventana previa. Por último, se evalúa si la proporción de casos favorables, con respecto al total de eventos, es estadísticamente significativa. En los casos de la prueba de emparejamiento y la prueba de rango, en lugar de considerarse los casos de forma binaria (éxito/fracaso), se consideran las magnitudes. La prueba de emparejamiento examina si el tamaño de las diferencias entre las variaciones posteriores al evento y las variaciones previas al mismo es significativamente diferente de cero. La prueba de rango analiza si hay una diferencia significativa entre las variaciones negativas y positivas entre las ventanas, a partir de las posiciones de los valores absolutos de esas variaciones (al ser ordenadas de menor a mayor).

El Cuadro A2.2 muestra la cantidad de eventos identificados de acuerdo con las distintas submuestras utilizadas en los ejercicios econométricos.

**Cuadro A2.2**  
**Cantidad de eventos**

<b>IO</b>	<b>N</b>	<b>x=2</b>	<b>x=5</b>	<b>x=10</b>	<b>x=15</b>
Total	192	144	119	85	67
Debilitar	162	122	98	72	59
Fortalecer	30	27	26	22	21
News	141	110	91	70	52
Oficial	54	53	53	52	47
Debilitar-News	120	92	74	57	44
Debilitar-Oficial	45	44	44	43	39
Fortalecer-News	21	20	19	16	15
Fortalecer-Oficial	9	9	9	9	9
<b>Fuente/Instrumento</b>	<b>N</b>	<b>x=2</b>	<b>x=5</b>	<b>x=10</b>	<b>x=15</b>
Gerente	39	36	34	33	29
Ministro	54	47	40	32	28
Presidente	36	28	28	24	23
Put	53	40	34	25	21
Volatilidad	19	13	12	8	6
Discrecional	19	11	11	6	4

Nota: IO se refiere a intención observada (atribuida). La columna N reporta la cantidad total de intervenciones orales correspondientes a las submuestras especificadas (IO, fuente o instrumento). La variable  $x = \{2, 5, 10, 15\}$  denota la cantidad máxima de días que pueden transcurrir entre una intervención oral y la siguiente, de tal manera que ambas sean consideradas parte del mismo evento. Las columnas para  $x$  reportan el número de eventos resultante de agrupar las intervenciones de acuerdo con los valores de  $x$  y a las submuestras correspondientes.

Fuente: cálculos de los autores.

#### A.2.4 Definiciones y fuentes de las variables (sección 6)

La base de datos fue construida por Rincón y Toro (2010), actualizada por Rincón *et al.* (2020) y complementada con series adicionales. Las series reportan los valores observados en los días hábiles, es decir, excluimos sábados, domingos y festivos de Colombia; TC: tasa de cambio representativa del mercado (TRM) del peso colombiano con respecto al dólar reportado por la Superintendencia Financiera. Fuente: Banco de la República (<http://www.banrep.gov.co/es/tasa-cambio-del-peso-colombiano-trm>). Como el valor publicado en  $t$  es el valor observado en  $t - 1$ , la serie reportada está adelantada un período; TIB: tasa interbancaria o tasa básica de la Superintendencia Bancaria. Fuente: Banco de la República; FED: tasa de interés efectiva de los fondos federales (% diario). No ajustado estacionalmente. Fuente: <https://fred.stlouisfed.org/series/DFE>; INTERCOM\$: monto de las compras de divisas, sin importar el tipo de intervención o el instrumento utilizado (millones de dólares); VIX: índice del *Chicago Board Options Exchange* que mide las expectativas del mercado para la volatilidad a treinta días. Fuente: Bloomberg (Ticker: VIX Index); DTCR: desviación porcentual suavizada de la tasa de cambio real observada (TCR) de un nivel de equilibrio estimado. Fuente: cálculos de los autores con base en información del Banco de la República; RI: reservas internacionales netas del Banco de la República. Cifras en millones de dólares. Fuente: Banco de la República; DPRIO: desviación porcentual de las RI de su nivel de “tendencia” y con un suavizado centrado de orden 21. El nivel de “tendencia” de las RI o de largo plazo es el valor obtenido mediante el filtro de Hodrick y Prescott; CPPM: cambio de la postura de política monetaria. El indicador se calcula como la diferencia centrada entre el promedio móvil de orden 20 de la TIB hacia adelante y el promedio móvil de orden 20 de la TIB hacia atrás. Si el indicador aumenta, se interpreta que la postura se vuelve restrictiva y si disminuye, que se vuelve laxa. Si oscila en cierto rango intermedio (límites estimados por el modelo entre -0,2% y 0,06%), se interpreta la postura como “neutral”; BRENT: precios del petróleo de referencia Brent. Fuente: Bloomberg (Ticker: CO1 Comdty); EMBICOL: indicador de bonos del mercado colombiano o EMBI Colombia. Fuente: Bloomberg (Ticker: Eliyplco Index); EMBI-emergentes: indicador de bonos de los mercados emergentes o EMBI emergentes. Fuente: Bloomberg (Ticker: ELIYPL Index).

## Anexo 3

### Análisis estadístico y pruebas

#### A.3.1 Prueba de Sargan (sección 2, canal de portafolio)

Ho: los instrumentos son válidos, es decir, no están correlacionados con el error aleatorio.

Estadística de prueba:  $nS^2$  (obtenida de una regresión auxiliar: residuos = f(instrumentos)) y tiene distribución Chi-cuadrado (gl).m

Si Ho se rechaza, se deberían reexaminar los instrumentos seleccionados. Si los instrumentos son exógenos, estos no deben estar correlacionados con el error de la regresión.

La prueba de Sargan modificada (Basman): la estadística de prueba es:  $(T-K)/(K-N)S^2$ , donde  $T$  es el número de observaciones,  $K$  es el número de instrumentos y  $N$  es el número total de variables. La estadística tiene distribución  $F(K-N, T-k)$ .

#### A.3.2 Frecuencias y participaciones porcentuales de las intervenciones, distribuciones y estadísticas descriptivas (sección 3)

La muestra total se fragmentó mediante un proceso que consiste en maximizar el contenido informativo de las aproximaciones de la tasa de cambio de los intervalos intradía, a la vez que se minimiza la pérdida de información, es decir, la que se tiene que desechar porque la aproximación contendría más ruido que señal. Este procedimiento se utilizó en Fuentes *et al.* (2014), donde se resume brevemente.

El objetivo consiste en determinar: 1) la amplitud más corta del intervalo intradía sobre el cual la aproximación de la tasa de cambio de cierre del límite superior sea informativa 2) el punto de arranque u hora de apertura, cuya tasa de cambio sea informativa, y 3) la pérdida de información que esto implica. En efecto, estas aproximaciones se realizan de la siguiente manera. El precio de apertura se aproxima con el del primer cierre de la jornada. Como consecuencia, entre más alejado esté el primer cierre de la hora de apertura (8:00), menor será su contenido informativo sobre la tasa de cambio, y mayor su contenido de ruido. De igual manera, los precios de los límites superiores de los intervalos intradía se aproximan con el promedio de las observaciones anterior y posterior más cercanas ponderadas por su distancia al límite superior del intervalo. Si justo en el límite superior se registra uno o varios cierres, la aproximación es exacta y es el promedio de esos cierres ponderados por sus montos. Como resultado, entre más alejados se encuentren los cierres involucrados del límite superior del intervalo, mayor será su contenido de ruido que de señal con respecto a la tasa de cambio. Finalmente, el precio

del cierre de la sesión se aproxima con el precio del último negocio cerrado en la sesión. Claramente, si el último cierre de negocio está muy alejado de la hora de cierre (13:00 horas), su contenido de ruido es más alto que de señal. Finalmente, estos parámetros implican la pérdida de la información de los días en que la liquidez es baja. Como resultado, queremos incrementar la resolución de la información intradía, perder poca información al inicio de la sesión y maximizar la cantidad de días de la muestra.

La baja liquidez se muestra en la información del mercado *spot* de diferentes maneras. Efectivamente, hay días que por su naturaleza tienen baja liquidez, tales como el 23, 24 y 30 de diciembre de cada año. Este tipo de jornadas generalmente quedan excluidas de la muestra porque tienden a registrarse pocas ofertas y, como consecuencia, pocos cierres y bajos montos, con los cuales las aproximaciones de los precios intradía son muy pobres. Existen otras fechas que por coyunturas particulares, como el 11 de septiembre de 2001, tienden a reducir notoriamente la liquidez del mercado. Finalmente, la baja liquidez puede ser crónica. Esto sucede, por ejemplo, como resultado de la poca profundidad del mercado, su subdesarrollo, la cantidad y sofisticación de los agentes, etc. Este fenómeno puede afectar las aproximaciones por períodos prolongados. Como resultado, uno de los efectos de la baja liquidez en el mercado es que los cierres son poco frecuentes y/o se concentran en períodos particulares de la sesión.

Así las cosas, en períodos con crónicamente baja liquidez la resolución se reduce, se puede perder información al inicio del día y se puede perder información de muchos días en la muestra.

El procedimiento para lograr simultáneamente estos objetivos fue secuencial. El primer paso consistió en determinar un punto en el tiempo después del inicio de la sesión (8:00), en el cual la distancia del *carry-back* del primer cierre fuera lo más pequeña posible, con la mayor frecuencia a lo largo de la muestra. Para esto se analizó la distribución de frecuencias del intervalo desde el inicio de la sesión hasta el primer cierre. Con esta distribución a la mano se ubicó un punto de corte a partir del cual la aproximación no es suficientemente informativa, pero minimizando a su vez la pérdida de los días no aceptados. Este primer análisis mostró que la muestra 2006-2008 es radicalmente distinta a la muestra posterior, ya que para la primera la frecuencia de cierres al inicio de la sesión implicaba descartar diez minutos al inicio. Es decir, la sesión no se inicia a las 8:00 sino a las 8:10. Para la muestra 2007-2011 resultó óptimo iniciar la sesión a las 8:06, y para la muestra 2011-2019 el inicio de la sesión se logró a las 8:00.

El segundo paso consistió en determinar la resolución adecuada. Esto se logró al analizar la distribución de frecuencias de la distancia media entre los límites superiores de los intervalos y los tiempos de los cierres que aproximan la tasa de cambio en ese límite. Con esta distribución se eligió un punto de corte que permitió la mayor resolución minimizando la cantidad de días que se perderían porque la aproximación no es adecuada. Esto trajo como resultado que para la muestra 2006-2008 el intervalo intradía óptimo fuera de 10 minutos, para la muestra 2007-2011 de 7 minutos y para la muestra 2011-2019 de 5 minutos.

Entre 2006 y 2008 el Banrep intervino en el mercado cambiario principalmente mediante compras discrecionales de dólares, las cuales correspondieron al 90,3% del total de operaciones del Banrep en ese período, aunque su participación dentro del monto total de intervenciones del período es de tan solo el 8,7% (Gráfico A3.1, paneles A y B). No sobra mencionar que en dicho lapso también se presentaron operaciones de compra directa de dólares (6,9%), opciones *put* de volatilidad (2,1%) y opciones *call* de volatilidad (0,7%). Por su parte, el mecanismo que presentó el mayor monto operado fue el de las opciones *put* de volatilidad (53,6%), seguido por las operaciones de compra directa (19,8%) y las opciones *call* de volatilidad (17,9%).

Entre 2007 y 2011 el Banrep intervino en el mercado cambiario con el objetivo de acumular reservas internacionales y controlar la volatilidad de la tasa de cambio, y utilizó opciones *put* y *call* y compras directas preanunciadas en el mercado *spot*. Durante este período el 94% de la frecuencia de intervenciones correspondieron a operaciones de compra directa y el resto a opciones *put* y *call* (Gráfico A3.2, paneles A y B). Así, durante este lapso el 3,2% de las operaciones de intervención correspondieron a opciones *put* de control de volatilidad, el 1,8% a opciones *call* de control de volatilidad y el 0,7% a opciones *put* de acumulación de reservas. Por otro lado, las compras directas representaron el 65% del monto total de las intervenciones durante el período, mientras las opciones de control de volatilidad correspondieron al 31% (*put*: 20%, *call*: 11%) y las opciones *put* de acumulación de reservas al 3,6%.

Entre 2011 y 2019 el Banrep ha intervenido en el mercado cambiario con el objetivo principal de acumular o desacumular reservas internacionales, y ha utilizado como instrumentos o mecanismos las subastas de compra directa y las subastas de opciones *put* de acumulación y opciones *call* de desacumulación. El mecanismo utilizado con mayor frecuencia (99%) durante esta submuestra fue la compra directa, que representó el 82% de la intervención total (Gráfico A3.3, paneles A y B). Por su lado, las subastas de opciones *put* y *call* representaron un 18% del monto, de las cuales un 16% correspondieron a los montos de opciones *put* y 2% a los montos de opciones *call*, aunque solo se utilizaron en ocho ocasiones.

Ahora, las distribuciones de las intervenciones muestran lo siguiente. En la primera submuestra se encontró que la distribución del monto de la intervención no es uniforme a lo largo del día. La magnitud promedio de la intervención es baja y la

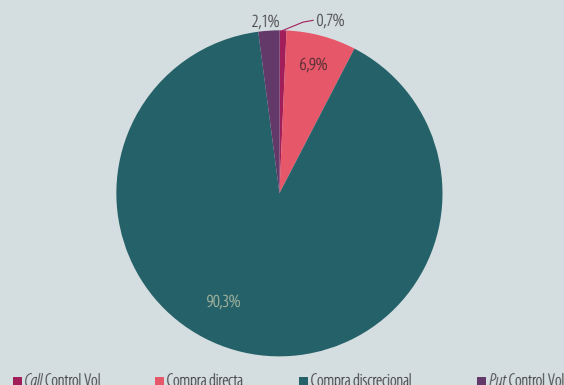
mayor parte de las operaciones se realizaron entre las 8:40 y las 11:50. Nótese que el pico de monto promedio que se observa las 8:40 corresponde a las operaciones de opciones de control de volatilidad (Gráfico A3.4).

En la segunda submuestra se observa que la distribución del monto de las operaciones de compra directa de dólares es altamente uniforme a lo largo del día, mientras que el de las opciones de control de volatilidad se concentraron entre 8:34 y 8:40 (Gráfico A3.5).

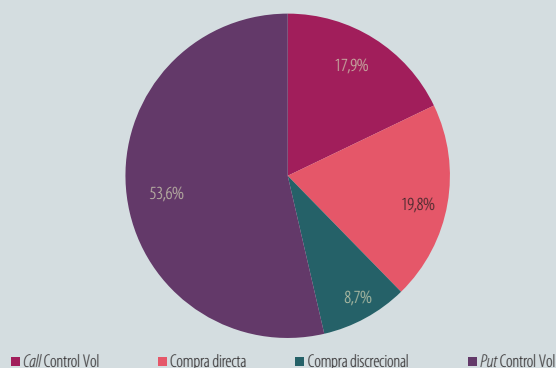
De manera similar, en la tercera submuestra se observa un comportamiento idéntico para las compras directas, mientras que el de las subastas de opciones se concentra a las 8:35 y 11:05. Adicionalmente, entre las 8:45 y las 11:30 tiende a concentrarse el número de intervenciones, ya que en esta franja el mercado tiende a ser más líquido. Los resultados se reportan únicamente para algunos períodos, los demás pueden ser solicitados a los autores.

**Gráfico A3.1**  
Frecuencias y participaciones de las intervenciones

**A. Frecuencias de las intervenciones (2006-2008)**



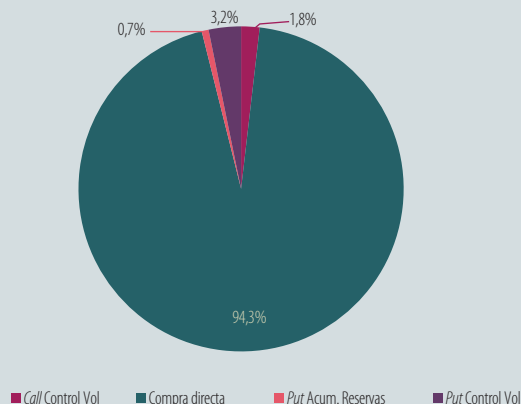
**B. Participaciones en el total (2006-2008)**



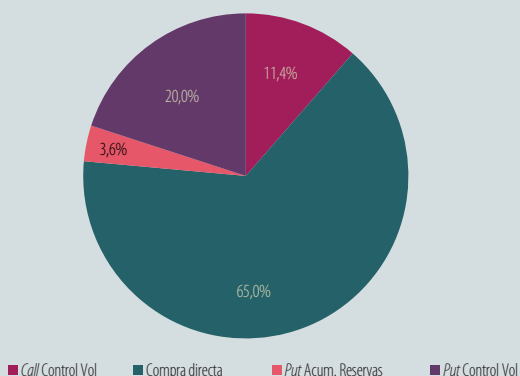
Nota: el panel A presenta la participación de cada instrumento de intervención utilizado por el Banrep entre 2006 y 2008 teniendo en cuenta la frecuencia de utilización de cada uno. El panel B presenta la participación de cada instrumento dentro del monto total operado por el Banrep en el período.  
Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A3.2  
Frecuencias y participaciones de las intervenciones

A. Frecuencias de las intervenciones (2007-2011)



B. Participaciones en el total (2007-2011)



Nota: el panel A presenta la participación de cada instrumento de intervención utilizado por el Banrep entre 2007 y 2011 teniendo en cuenta la frecuencia de utilización de cada uno. El panel B presenta la participación de cada instrumento dentro del monto total operado por el Banrep en el período. Fuente: cálculos de los autores.

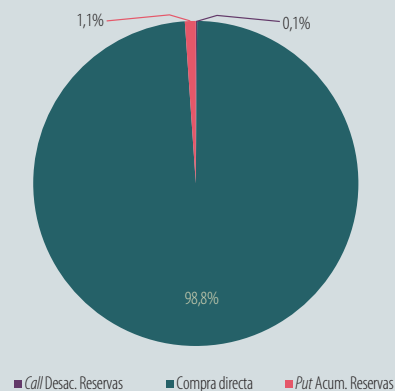
Por su lado, las estadísticas descriptivas revelan lo siguiente. Al analizar el retorno de la tasa de cambio durante la primera submuestra de intervención se observa un incremento en su promedio durante el período de intervención, comparado con el período de no intervención, y una disminución en su volatilidad, medida como la desviación estándar.

En la segunda submuestra se observa un incremento en el promedio y la mediana del retorno de la tasa de cambio durante el período de intervención, así como se observa una menor desviación estándar y una menor curtosis.

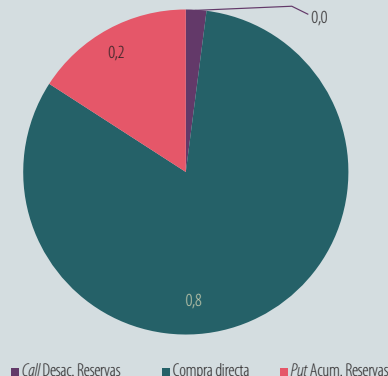
El retorno de la tasa de cambio en los instantes con y sin intervención cambiaria durante el tercer subperíodo analizado indican que en el intervalo de operaciones de compra directa hay un incremento de la media y la mediana, mientras que en el intervalo de opciones *put* y *call* hay una reducción de estas. En adición, se observa que en el intervalo total de intervención hay una reducción importante de la volatilidad del retorno de la tasa de cambio, medida como la desviación

Gráfico A3.3  
Frecuencias y participaciones de las intervenciones

A. Frecuencias de las intervenciones (2011-2019)



B. Participaciones en el total (2011-2019)



Nota: el panel A presenta la participación de cada instrumento de intervención utilizado por el Banrep entre 2011 y 2019 teniendo en cuenta la frecuencia de utilización de cada uno. El panel B presenta la participación de cada instrumento dentro del monto total operado por el Banrep en el período. Fuente: cálculos de los autores.

estándar, y de la curtosis, mientras la asimetría se incrementa sustancialmente.

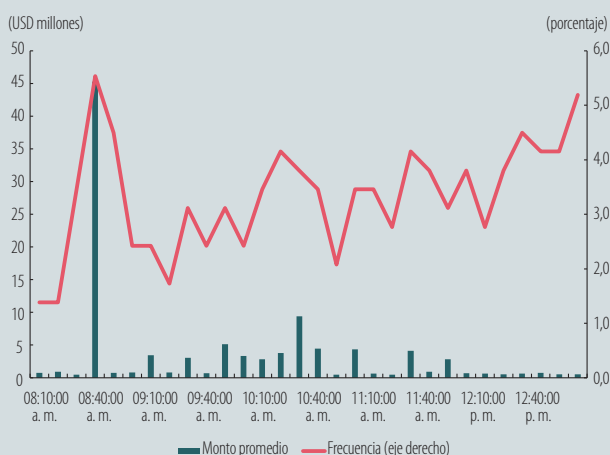
El *turnover* en la tercera submuestra reporta una leve reducción durante el período de compra directa de dólares, mientras que durante los períodos de intervención por medio de opciones *call* y *put* se reduce de manera importante. Por otra parte, el *BAS* es menor en la muestra total de intervención, que en la de no intervención, debido al comportamiento que tiene el *BAS* durante el período de compras directas: durante los períodos de subastas de opciones *put* y *call* el *BAS* promedio es mayor.

En resumen, las estadísticas descriptivas indican lo siguiente. Entre 2006 y 2008 el retorno promedio que se observa en el período de intervención es mayor que el del período de no intervención y se observa una menor volatilidad, medida como la desviación estándar. Por su parte, entre 2007 y 2011 se observan unos mayores retornos promedio y de su mediana durante el período de intervención, así como una menor desviación

estándar y una menor curtosis. Entre 2011 y 2019 los retornos promedio y su mediana se incrementan en el lapso en el que se realizan operaciones de compra directa, mientras que en el intervalo de opciones *put* y *call* hay una reducción; adicionalmente en la muestra total hay una menor volatilidad y curtosis durante el período de intervención, en tanto que la asimetría se incrementa sustancialmente. Las estadísticas no se reportan, pero pueden ser solicitadas a los autores.

**Gráfico A3.4**  
Monto promedio y frecuencia de operaciones de intervención (2006-2008)

Entre 2006 y 2008 la distribución del monto operado por el Banrep en el mercado cambiario no es uniforme a lo largo del día, su magnitud promedio es baja y hay una concentración de estas entre las 8:40 y las 11:50.



Nota: el gráfico presenta la frecuencia y la distribución de las intervenciones del Banrep a lo largo del día entre 2006-2008.  
Fuente: cálculos de los autores.

### A.3.3 Volatilidades estacionales calculadas y estimadas para las muestras de intervención y de control (sección 3)

Los gráficos A3.6 y A3.7 muestran las volatilidades calculadas y estimadas para las muestras de intervención y de control.

### A.3.4 Distribuciones probabilísticas de los montos transados y de la FXI (sección 5)

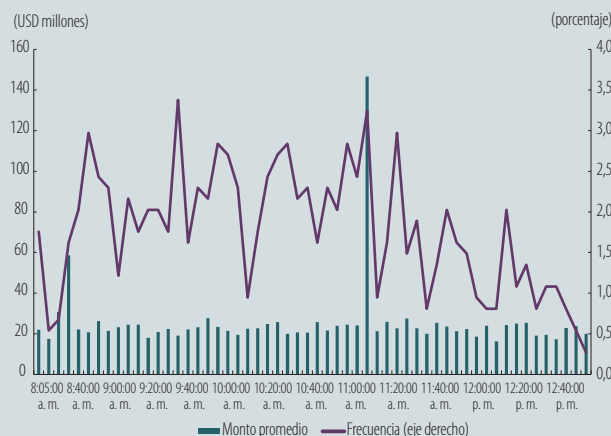
Una manera sencilla de analizar la relación entre la estructura del mercado cambiario y la FXI es comparar las distribuciones probabilísticas y la media de los montos transados netos, diferencia entre compras y ventas, en períodos de no intervención vis-á-vis intervención. Así, implementamos pruebas paramétricas y no paramétricas de comparación de medias de los montos netos transados en las horas y días en que está abierto el mercado. Estas corresponden a las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Jarque Bera, la prueba *t* y la prueba de Wilcoxon (se realizó la prueba de *rank-sum* debido a que las muestras contrastadas son independientes).

**Gráfico A3.5**  
Monto promedio y frecuencia de operaciones de intervención

#### A. (2007-2011)



#### B. (2011-2019)



Nota: el gráfico presenta la frecuencia y la distribución de las intervenciones del Banrep a lo largo del día entre 2007-2011 (panel A) y 2011-2019 (panel B).  
Fuente: cálculos de los autores.

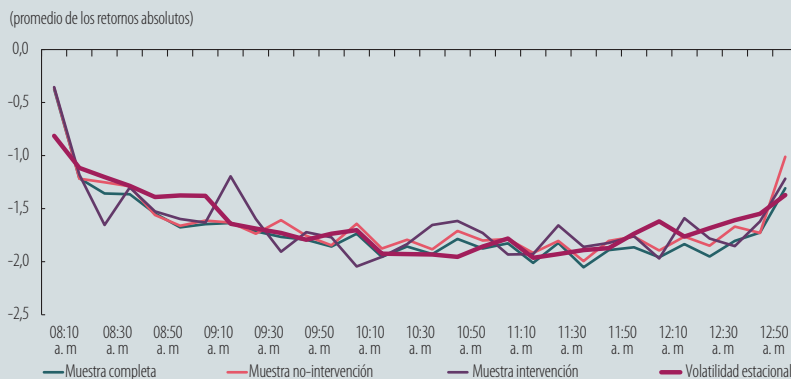
Adicionalmente, se realizaron las pruebas de Levene y Fligner-Killen, que son pruebas de homocedasticidad con el objeto de probar la homogeneidad. Así, evaluamos si la distribución de los montos transados cambia o no cuando hay intervención.

Los resultados muestran que las distribuciones de los montos transados en cada uno de los intervalos analizados no son normales, haya o no intervención. Los resultados no se muestran, pero pueden ser solicitados a los autores.

Adicionalmente, las medias de las distribuciones en cada uno de los intervalos son diferentes (Cuadro A3.1) y la media de los días en los cuales hubo intervención (preanunciada) es mayor a la media de los días en los que no hubo. La mayor diferencia de medias se observa en el rango de 9:00-11:00. Asimismo, se realizó la misma comparación para los montos totales de compras y ventas por tipo de agente (Cuadro A3.2).

### Gráfico A3.6 Volatilidad estacional intradía y estimación (2006-2008)

Entre 2006 y 2008 la volatilidad tiene un componente estacional intradía que es claro tanto en días de intervención como en días de no intervención y se caracteriza por ser alto al inicio del día, luego se reduce en la medida en que las puntas *bid/ask* se reducen y los montos negociados se incrementan y vuelve a aumentar al final del día e inicio del siguiente.



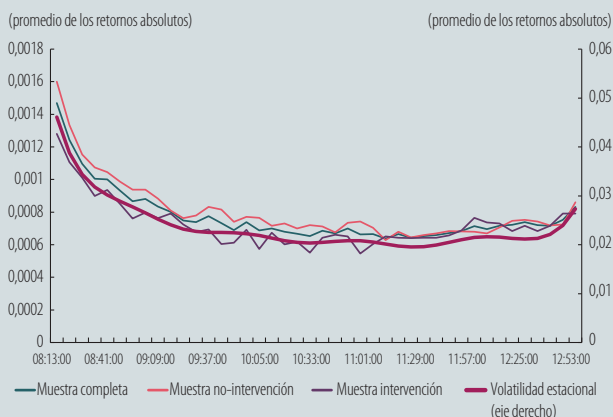
Nota: se presenta el comportamiento de la volatilidad para la muestra completa, la que solo incluye los períodos de intervención, de no intervención y volatilidad estacional estimada.

Fuente: estimaciones de los autores.

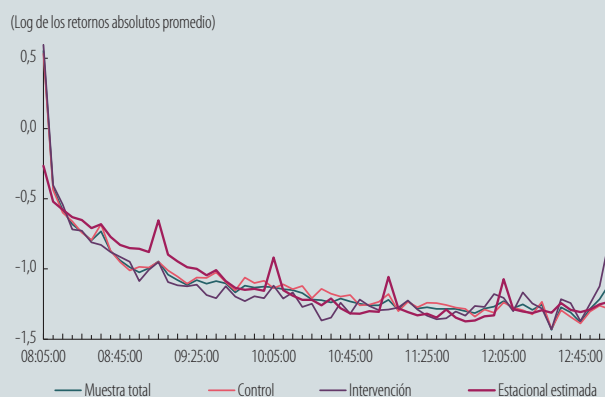
### Gráfico A3.7 Volatilidad estacional intradía y estimación

Entre 2007 y 2011 y entre 2011 y 2019 la volatilidad tiene un componente estacional intradía que es claro tanto en días de intervención como en días de no intervención y se caracteriza por ser alto al inicio del día, luego se reduce en la medida en que las puntas *bid-ask* se reducen y los montos negociados se incrementan y vuelve a aumentar al final del día e inicio del siguiente.

#### A. (2007-2011)



#### B. (2011-2019)



Nota: se presenta el comportamiento de la volatilidad para la muestra completa, la que solo incluye los períodos de intervención, los de no intervención y la volatilidad estacional estimada.

Fuente: estimaciones de los autores.

### A.3.5 Resultados de las pruebas de normalidad de diferencia de medias y homocedasticidad por rango de hora (sección 5)

De acuerdo con los resultados, los montos transados netos (compras menos ventas) en el mercado de contado los días de no intervención y los días de intervención preanunciada

por parte del Banrep para los distintos intervalos de horas no siguen una distribución normal y sus medias no son iguales. Por otra parte, la varianza de los montos transados netos entre los dos grupos para los rangos de hora de 8:00 a 9:00 y de 11:00 a 13:00 se mantuvieron iguales, por lo que la diferencia en ambas muestras se basa en la media de las operaciones netas. (Cuadro A3.3).

### Cuadro A3.1 Medias de los montos transados netos por rango de hora (USD)

Entre 2013 y 2019 la media de los días en los cuales el Banrep realizó intervención preanunciada es mayor a la media de los días en los que el Banrep no intervino. La mayor diferencia de medias se observa en el rango de 9:00–11:00.

	Días de no intervención	Días de intervención
8:00-9:00 am	860.324	1.014.315
9:00-11:00 am	901.646	1.110.762
11:00 am-1:00 pm	881.265	1.066.044

Nota: la media de los montos transados netos (compras menos ventas) en el mercado de contado es diferente los días de no intervención y los días de intervención preanunciada por parte del Banrep para los distintos intervalos de horas en que está abierto el mercado.

Fuente: cálculos de los autores con base en información de SET-FX.

### Cuadro A3.2 Medias de las compras y ventas por tipo de agente (dólares)

La mayoría de los agentes cambiaron sus compras y ventas en los momentos en que el Banrep intervino, a excepción de las compras de las aseguradoras. En especial, el sector real aumentó sus montos de compra y venta durante los días de intervención, mientras que los inversionistas extranjeros los disminuyeron.

	Compras		Ventas	
	Días de no intervención	Días de intervención	Días de no intervención	Días de intervención
Sector real	77.033.107	94.305.802	87.728.747	120.743.824
Extranjeros	21.221.034	13.735.428	30.021.031	25.101.864
FPC	11.211.160	16.134.129	6.607.132	5.594.441
Aseguradora	2.550.093	2.762.291	1.432.569	973.627
Fiduciarias	3.922.808	3.483.526	4.339.507	9.149.884

Nota: la media de los montos transados netos (compras menos ventas) en el mercado de contado es diferente los días de no intervención y los días de intervención preanunciada por parte del Banrep para los distintos intervalos de horas en que está abierto el mercado y los diferentes sectores que intervienen.

Fuente: cálculos de los autores con base en información de SET-FX.

### A.3.6 Resultados de las pruebas de normalidad y diferencia de medias por tipo de agente (sección 5)

#### Diferencia en los montos de compras y ventas por tipo de agente

Los resultados muestran que se presentan diferencias en las distribuciones y medias de los montos transados netos (diferencia entre compras y ventas) en períodos de no intervención e intervención cambiaria preanunciada por parte del Banrep para cada grupo de clientes. Los gráficos no se reportan, pero pueden ser solicitados a los autores.

### Resultados de las pruebas de normalidad y diferencia de medias por rango de hora

Los resultados indican que los montos transados de compras y ventas por tipo de agente en su mayoría no siguen una distribución normal; asimismo, la media de los montos de compras y ventas de los clientes es diferente en los momentos en que hubo intervención (con excepción de las compras por parte de las aseguradoras). Finalmente, la varianza de las observaciones para los dos grupos es diferente, excepto para las compras del sector real y las ventas de los extranjeros, donde las medias de los dos grupos analizados difieren. (Cuadro A3.4).

### Cuadro A3.3

8:00 - 9:00 am				
Pruebas de normalidad	X	Valor-p	Y	Valor-p
Lillie Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	7,228E-09
Jarque Bera Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16
Comparación de medias				Valor-p
t.test	Rechazo			9,873E-14
Wilcox.test	Rechazo			2,2E-16
Homocedasticidad				Valor-p
Fligner-Killeen	No rechazo			0,08707
9:00 - 11:00 am				
Pruebas de normalidad	X	Valor-p	Y	Valor-p
Lillie Test	Rechazo	7,253E-14	Rechazo	0,00005998
Jarque Bera Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	0,00005295
Comparación de medias				Valor-p
t.test	Rechazo			2,2E-16
Wilcox.test	Rechazo			2,2E-16
Homocedasticidad				Valor-p
Fligner-Killeen	Rechazo			0,04161
11:00 am - 1:00 pm				
Pruebas de normalidad	X	Valor-p	Y	Valor-p
Lillie Test	Rechazo	1,848E-15	Rechazo	0,004211
Jarque Bera Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	5,62E-09
Comparación de medias				Valor-p
t.test	Rechazo			2,2E-16
Wilcox.test	Rechazo			2,2E-16
Homocedasticidad				Valor-p
Fligner-Killeen	No rechazo			0,1204

Nota: las pruebas paramétricas y no paramétricas implementadas son las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Jarque-Bera, donde la hipótesis nula corresponde a que los datos proceden de una distribución normal. Las pruebas de diferencias de medias se realizaron mediante una prueba *t* y la prueba de Wilcoxon (se realizó la prueba de *rank-sum* debido a que las muestras contrastadas son independientes), donde la hipótesis a probar es si la diferencia entre las medias es igual a 0. Las pruebas de Levene y Fligner-Killeen corresponden a pruebas de homocedasticidad con el objeto de probar la homogeneidad de varianzas; así, la hipótesis nula corresponde a que la varianza es igual entre los dos grupos. Para la prueba *t* se realizó el Welch *two sample-test*.

Fuente: estimaciones de los autores.

Cuadro A3.4

Sector Real									
Pruebas de normalidad	Compras				Ventas				
	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p	
Lillie Test	Rechazo	5,495E-11	Rechazo	0,00048	Rechazo	2,587E-10	No Rechazo	0,5494	
Jarque Bera Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	No Rechazo	0,2276	
<b>Comparación de medias</b>				<b>Valor-p</b>	<b>Comparación de medias</b>				<b>Valor-p</b>
t.test	Rechazo		2,2E-16		Rechazo		2,2E-16		
Wilcox.test	Rechazo		2,2E-16		Rechazo		2,2E-16		
<b>Homoceasticidad</b>				<b>Valor-p</b>	<b>Valor-p</b>				
Fligner-Killeen	No rechazo		0,6314		Rechazo		2,301E-10		
Extranjeros									
Pruebas de normalidad	Compras				Ventas				
	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p	Pruebas de normalidad	No intervención	Valor-p	Intervención	
Lillie Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	0,000002617	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	
Jarque Bera Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	
<b>Comparación de medias</b>				<b>Valor-p</b>	<b>Comparación de medias</b>				<b>Valor-p</b>
t.test	Rechazo		2,2E-16		Rechazo		0,000004043		
Wilcox.test	Rechazo		2,2E-16		Rechazo		1,538E-13		
<b>Homoceasticidad</b>				<b>Valor-p</b>	<b>Valor-p</b>				
Fligner-Killeen	Rechazo		7,963E-10		No Rechazo		0,1199		
Aseguradoras									
Pruebas de normalidad	Compras				Ventas				
	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p	
Lillie Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	
Jarque Bera Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo		Rechazo	2,2E-16	
<b>Comparación de medias</b>				<b>Valor-p</b>	<b>Comparación de medias</b>				<b>Valor-p</b>
t.test	Rechazo		0,000003062		No rechazo		0,0524		
Wilcox.test	Rechazo		0,00005095		Rechazo		0,00008074		
<b>Homoceasticidad</b>				<b>Valor-p</b>	<b>Valor-p</b>				
Fligner-Killeen	Rechazo		5,288E-14		Rechazo		0,00001038		
FPC									
Pruebas de normalidad	Compras				Ventas				
	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p	
Lillie Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	
Jarque Bera Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	
<b>Comparación de medias</b>				<b>Valor-p</b>	<b>Comparación de medias</b>				<b>Valor-p</b>
t.test	No rechazo		0,1613		Rechazo		4,621E-07		
Wilcox.test	No rechazo		0,2905		Rechazo		7,239E-10		
<b>Homoceasticidad</b>				<b>Valor-p</b>	<b>Valor-p</b>				
Fligner-Killeen	Rechazo		0,01086		Rechazo		4,705E-09		

Cuadro A3.4 (Continuación)

Pruebas de normalidad	Fiduciarias							
	Compras				Ventas			
	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p	No intervención	Valor-p	Intervención	Valor-p
Lillie Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16
Jarque Bera Test	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16	Rechazo	2,2E-16
Comparación de medias				Comparación de medias				
t.test	Rechazo		0,02389		Rechazo		2,2E-16	
Wilcox.test	No rechazo		0,07985		Rechazo		2,2E-16	
Homocedasticidad			Valor-p		Valor-p			
Fligner-Killeen	Rechazo		0,01511		Rechazo		2,2E-16	

Nota: las pruebas paramétricas y no paramétricas implementadas son los test de Kolmogorov-Smirnov y Jarque Bera, donde la hipótesis nula corresponde a que los datos proceden de una distribución normal. Las pruebas de diferencias de medias se realizaron mediante una prueba  $t$  y el test de Wilcoxon (se realizó la prueba *rank-sum* debido a que las muestras contrastadas son independientes), donde la hipótesis a probar es si la diferencia entre las medias es igual a 0. Las pruebas de Levene y Fligner-Killeen corresponden a pruebas de homocedasticidad con el objeto de probar la homogeneidad de varianzas; así, la hipótesis nula corresponde a que la varianza es igual entre los dos grupos.

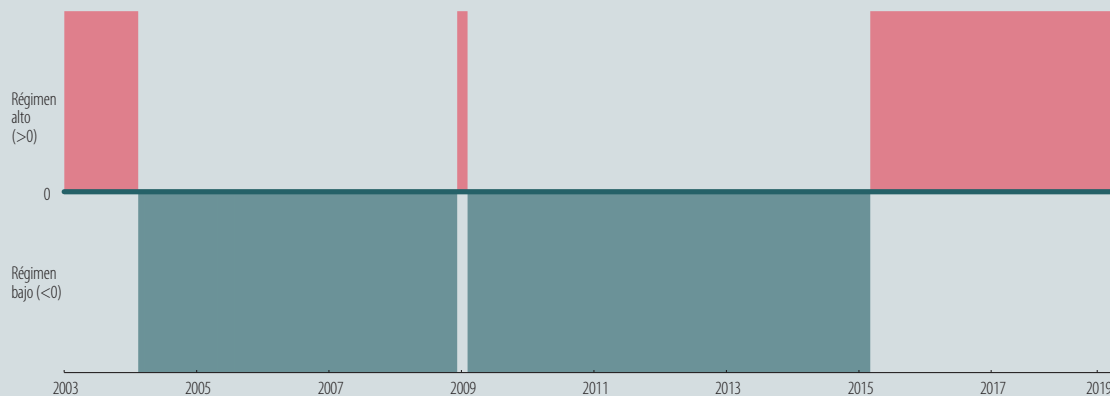
Fuente: cálculos de los autores con base en información de SET-FX.

### A.3.7 Variables de transición y umbrales (sección 6)

Gráfico A3.8

#### Umbrales del desalineamiento o brecha de la tasa de cambio real y umbral

Las barras sombreadas en rosado indican el régimen alto y el gris el bajo de la TCR

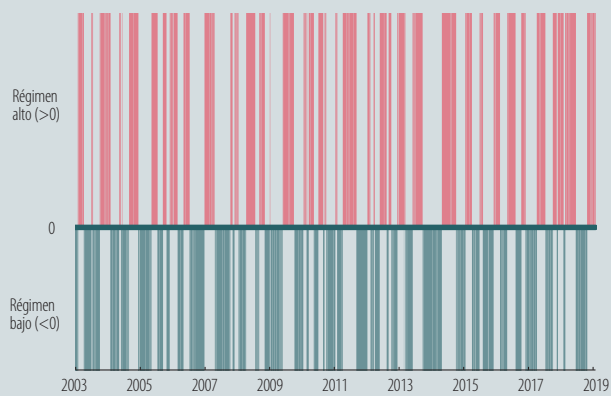


Nota: se muestran los umbrales del desalineamiento o brecha de la tasa de cambio real (TCR). Régimen alto: TCR se ubica por encima de cero, es decir, el peso está depreciado en términos reales; régimen bajo: TCR se ubica por debajo de cero, es decir, el peso está apreciado en términos reales; 0: TCR se ubica en cero, es decir, el peso está en equilibrio en términos reales.

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

### Gráfico A3.9 Umbrales del desalineamiento o brecha de las reservas internacionales y umbral

Las barras sombreadas en rosado indican el régimen alto y el gris el bajo de las RI.

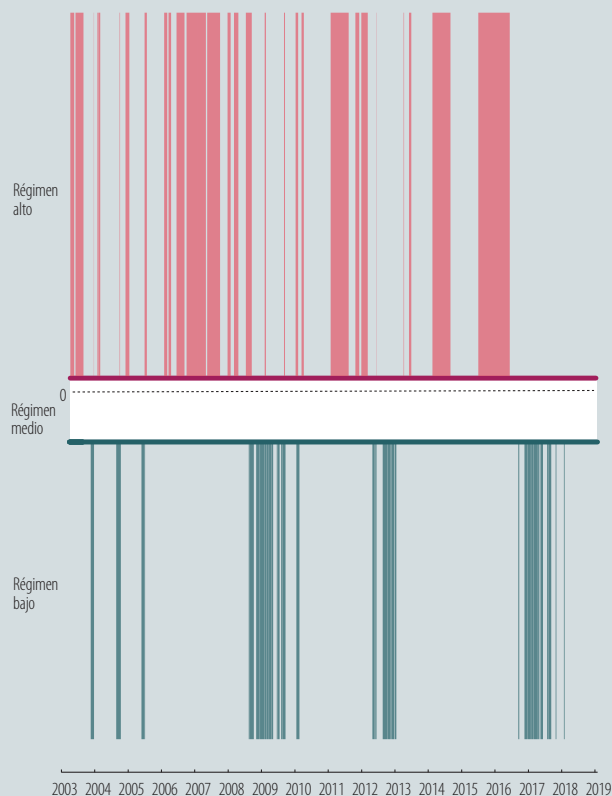


Nota: se muestran los umbrales del desalineamiento o brecha de las RI. Régimen alto: nivel de las RI por encima de la tendencia; régimen bajo: nivel de las RI por debajo de la tendencia; 0: nivel de tendencia de las RI.

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

### Gráfico A3.10 Cambio de la postura de la política monetaria y umbrales

Las barras sombreadas en rosado indican el régimen alto (restrictiva) y el gris el bajo (laxa) de la postura de política monetaria. El régimen medio indica una postura neutra.



Nota: se muestran los umbrales del cambio de la postura de política monetaria (PM). Régimen alto: la PM cambia a restrictiva; régimen bajo: la PM cambia a laxa; régimen medio: la PM es neutra.

Fuente: Banco de la República; estimación de los autores.

# Anexo 4

## Resultados

En el numeral 1.1 del Anexo 1 derivamos el modelo de regresión de la prima de riesgo que utilizamos para evaluar el canal de portafolio y explicamos los problemas empíricos que hay que resolver debido a la simultaneidad de las variables que componen la prima de riesgo. Luego, en el numeral 2.1 del Anexo 2 explicamos las variables utilizadas y sus fuentes, en particular, la manera como construimos las variables instrumentales *NEWS* y *REPINT*, que nos permiten solventar el problema de simultaneidad.

### A.4.1 Estimación del canal de portafolio (tasas de interés de mercado) (sección 2, canal de portafolio)

#### Cuadro A4.1

Muestra: 01:09:2003 - 30:04:2019

Número de observaciones: 3.833

Instrumentos: *NEWSINT* y *REPINT*

Tasas de interés: tasas de mercado

*INT*: intervención cambiaria (millones de dólares)

Las estimaciones indican que el canal de portafolio de la intervención cambiaria actúa, ya que el coeficiente de la intervención ( $\gamma_i$ ) es positivo y estadísticamente significativo.

#### Modelo de regresión de la prima de riesgo

$$i_{t,k} - i_{t,k}^f - \Delta s_{t,k}^e = pr_{t,k} = \gamma_0 + \gamma_1 INT_t + \mu_{t,k}$$

$k = 30$  días

	Intervención cambiaria		
Coefficiente	1-día <sup>a/</sup>	1-mes <sup>b/</sup>	1-año <sup>c/</sup>
$\gamma_0$	2,433 **	3,237 ***	0,885
valor-p	0,022	0,000	0,597
$\gamma_1$	0,219 **	0,014 ***	0,003 **
valor-p	0,027	0,007	0,020
Estadística de Sargan	0,004	0,623	1,917
valor-p	0,952	0,430	0,166
Sargan modificado (Basman)			
valor-p	0,952	0,430	0,166

Nota:  $i$ : tasa de interés de mercado interna (CDT 30 días);  $i^f$ : tasa de interés de mercado externa (Libor 30 días);  $s$ : logaritmo de la tasa de cambio nominal;  $pr$ : prima de riesgo;  $k$ : horizonte de tiempo en días. \*\*\*, \*\* y \* indican niveles de significación estadística del 1%, 5% y 10%, respectivamente.

<sup>a</sup> La variable *intervención cambiaria* (INT) se toma al final del día previo a la toma de la encuesta de expectativas de tasa de cambio del Banco de la República.

<sup>b,c</sup> La variable *intervención cambiaria* (INT) es el valor acumulado entre las encuestas de expectativas de tasa de cambio del Banco de la República, para expectativas a un mes y un año. La hipótesis nula ( $H_0$ ) de los estadísticos de Sargan y Sargan modificados es: los instrumentos *NEWSINT* y *REPINT* son válidos, es decir, no están correlacionados con el error de la regresión.

Fuente: estimaciones de los autores.

### A.4.2 Estimación del canal de portafolio (tasas de interés de los bonos soberanos) (sección 2, canal de portafolio)

#### Cuadro A4.2

Muestra: 01:09:2003 - 30:04:2019

Número de observaciones: 3.833

Instrumentos: *NEWSINT* y *REPINT*

Tasas de interés: tasas de los títulos de deuda pública

*INT*: intervención cambiaria (millones de dólares)

Las estimaciones indican que el canal de portafolio de la intervención cambiaria actúa, ya que el coeficiente de la intervención ( $\gamma_i$ ) es positivo y estadísticamente significativo.

#### Modelo de regresión de la prima de riesgo

$$i_{t,k} - i_{t,k}^f - \Delta s_{t,k}^e = pr_{t,k} = \gamma_0 + \gamma_1 INT_t + \mu_{t,k}$$

$k = 30$  días

	Intervención cambiaria		
Coefficiente	1-día <sup>a/</sup>	1-mes <sup>b/</sup>	1-año <sup>c/</sup>
$\gamma_0$	6,051 ***	6,780 ***	5,119 ***
valor-p	0,000	0,000	0,000
$\gamma_1$	0,188 **	0,011 **	0,002 **
valor-p	0,038	0,018	0,040
Estadística de Sargan	0,058	0,869	2,236
valor-p	0,810	0,351	0,135
Sargan modificado (Basman)			
valor-p	0,809	0,351	0,133

Nota:  $i$ : tasa de interés de los títulos de deuda pública interna (TES 30 días);  $i^f$ : tasa de interés de los títulos de deuda pública externa (US Treasury 30 días);  $s$ : logaritmo de la tasa de cambio nominal;  $pr$ : prima de riesgo;  $k$ : horizonte de tiempo en días. Los símbolos \*\*\*, \*\* y \* indican niveles de significación estadística del 1%, 5% y 10%, respectivamente.

<sup>a</sup> La variable *intervención cambiaria* (INT) se toma al final del día previo a la toma de la encuesta de expectativas de tasa de cambio del Banco de la República.

<sup>b,c</sup> La variable *intervención cambiaria* (INT) es el valor acumulado entre las encuestas de expectativas de tasa de cambio del Banco de la República, para expectativas a un mes y un año. La hipótesis nula ( $H_0$ ) de los estadísticos de Sargan y Sargan modificado es: los instrumentos *NEWSINT* y *REPINT* son válidos, es decir, no están correlacionados con el error de la regresión.

Fuente: estimaciones de los autores.

### A.4.3 Estimación del canal de señales (sección 2, canal de señales)

Cuadro A4.3

Función de reacción del Banco Central (compra de divisas) canal de señales.

Método	Tobit con heterocedasticidad multiplicativa		
	(1)	(2)	(3)
	<b>Nivel de credibilidad</b>		
		<0,6	>=0,6
	<b>Ecuación de la media</b>		
Constante	-13,719 (1,447)***	-27,704 (3,407)***	-4,606 (0,856)***
$I_{t-1}$	1,229 (0,029)***	1,757 (0,126)***	0,903 (0,036)***
$\sum_{j=1}^{20} \Delta s_{t-j}$	0,311 (0,104)***	-0,081 (0,265)	-0,042 (0,118)
$s_{t-1} - \bar{s}_{t-1}$	-1,203 (0,188)***	-2,522 (0,432)***	-1,332 (0,228)***
$\pi_t - \pi_t^*$	-1,528 (0,214)***	-0,144 (0,626)	-1,182 (0,183)***
	<b>Ecuación de la varianza</b>		
$I_{t-1}$	0,008 (0,001)***	0,011 (0,002)***	0,007 (0,002)***
$s_{t-1} - \bar{s}_{t-1}$	0,140 (0,014)***	0,066 (0,011)***	0,199 (0,018)***
$\pi_t - \pi_t^*$	0,195 (0,020)***	0,176 (0,040)***	0,190 (0,028)***
Observaciones	3.789	1.871	1.918

Nota:  $I_{t-1}$  corresponde a las compras de divisas del período anterior;  $\sum_{j=1}^{20} \Delta s_{t-j}$  son los retornos de la tasa de cambio acumulados en los últimos 20 días;  $s_{t-1} - \bar{s}_{t-1}$  es la desviación porcentual suavizada de la tasa de cambio real de su nivel de equilibrio;  $\pi_t - \pi_t^*$  es una medida de sorpresas monetarias. El modelo Tobit con heterocedasticidad multiplicativa se calcula por el método de máxima verosimilitud. Errores estándar HAC reportados en paréntesis. \*\*\*, \*\*, \* corresponde al nivel de significancia del 1%, 5%, y 10%, respectivamente.

Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

### A.4.4 Efecto de los flujos de órdenes sobre la tasa de cambio del peso para diferentes ventanas (Sección 2, Canal de microestructura)

Los cuadros A4.4 a A4.6 reportan las estimaciones para cada tipo de intervención. Los cuadros incluyen la frecuencia de muestreo ( $k$ ) y los coeficientes de los flujos de órdenes (“flujo”), del tamaño del mercado cambiario, la liquidez del mercado y la interacción entre el flujo y el tamaño.

Los resultados muestran que el canal de microestructura de la FXI sí ha actuado, es decir, los coeficientes de los flujos de órdenes a cada frecuencia de muestreo  $k$  son estadísticamente significativos y positivos. En los intervalos de baja frecuencia, que exceden media hora, el efecto de los flujos de órdenes, cuando está presente la intervención directa preanunciada, oscila entre 0,09% y 0,20%.

Cuadro A4.4

Estimaciones para la intervención preanunciada

k	Intervención preanunciada					Efecto marginal
	Intercepto	Flujo	Tamaño	Liquidez	F*T	
5	0,06 ***	0,14 ***	-0,46 ***	0,00	-0,78 ***	0,0504
10	0,07 ***	0,14 ***	-0,52 ***	-0,05	-0,79 ***	0,0429
15	0,08 ***	0,11 ***	-0,54 ***	-0,23 ***	-0,64 ***	0,0364
30	0,07 ***	0,09 ***	-0,54 ***	-0,13 **	-0,47 ***	0,0287
60	0,06 ***	0,18 ***	-0,49 ***	-0,02	-1,04 ***	0,0512
100	0,06 ***	0,17 ***	-0,51 ***	0,06	-0,96 ***	0,0482
150	0,07 ***	0,20 ***	-0,72 ***	0,26 ***	-1,17 ***	0,0567

Nota: la FXI subyace a cada muestra utilizada, en el sentido de que la FXI no está presente explícitamente en el modelo de regresión. Las regresiones se estiman para cada muestra en donde hubo FXI. \*, \*\*, y \*\*\*, estadísticamente significativos al 10%, 5% y 1%.

Fuente: estimaciones de los autores.

Cuadro A4.5

Estimaciones para la intervención put de acumulación y call de desacumulación de reservas internacionales

k	Opciones Acumulación   Desacumulación					Efecto marginal
	Intercepto	Flujo	Tamaño	Liquidez	F*T	
5	0,11 **	0,41 **	-0,93 *	0,14	-2,57 ***	0,4058
10	0,10 **	0,28 **	-0,91 **	0,10	-1,77 ***	0,2766
15						
30	0,04 **	-0,27 **	-0,42 **	0,26 *	2,09 ***	-0,2662
60						
100						
150						

Nota: la FXI subyace a cada muestra utilizada, en el sentido de que FXI no está presente explícitamente en el modelo de regresión. Las regresiones se estiman para cada muestra en donde hubo FXI. \*, \*\*, y \*\*\*, estadísticamente significativos al 10%, 5% y 1%.

Fuente: estimaciones de los autores.

Cuadro A4.6

Estimaciones para la muestra de no intervención

k	No intervención					Efecto marginal
	Intercepto	Flujo	Tamaño	Liquidez	F*T	
5	0,06 **	0,22 ***	-0,53 ***	0,06 ***	-1,27 ***	0,0643
10	0,08 ***	0,22 ***	-0,64 ***	0,00	-1,29 ***	0,0657
15	0,07 ***	0,25 ***	-0,58 ***	0,02	-1,44 ***	0,0721
30	0,08 ***	0,21 ***	-0,69 ***	0,01 ***	-1,24 ***	0,0612
60	0,08 ***	0,07 ***	-0,58	-0,35	-0,38 ***	0,0231
100	0,04	0,08	-0,20	-0,09	-0,45	0,0251
150	0,01	0,03 ***	-0,08	-0,04	-0,16 ***	0,0281

Nota: la FXI subyace a cada muestra utilizada, en el sentido de que la FXI no está presente explícitamente en el modelo de regresión. Las regresiones se estiman para cada muestra en donde hubo FXI. \*, \*\*, y \*\*\*, estadísticamente significativos al 10%, 5% y 1%.

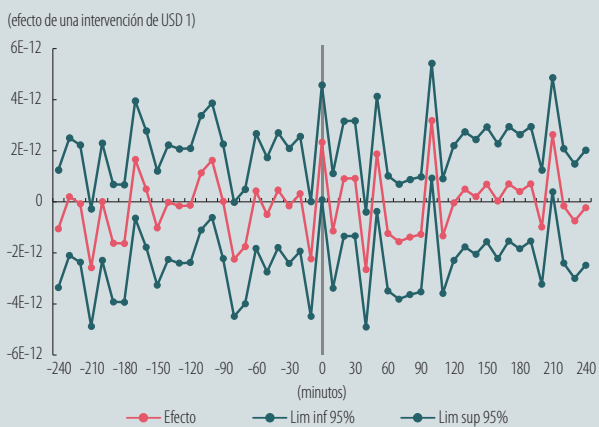
Fuente: estimaciones de los autores.

### A.4.5 Impactos de la FXI sobre la volatilidad de la tasa de cambio, el *turnover* y el BAS (2006-2008) (sección 3)

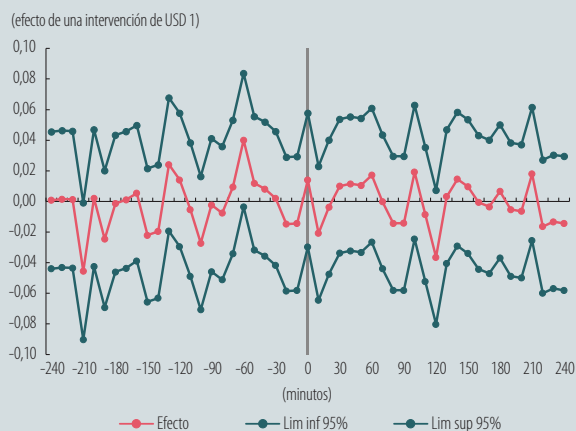
**Gráfico A4.1**  
Impactos de la FXI sobre la volatilidad de la tasa de cambio, el *turnover* y el BAS (2006-2008)

Entre 2006 y 2008 no se observa un efecto significativo sobre la *turnover*, y el efecto sobre la volatilidad y el BAS es significativo en instantes previos y posteriores a la intervención.

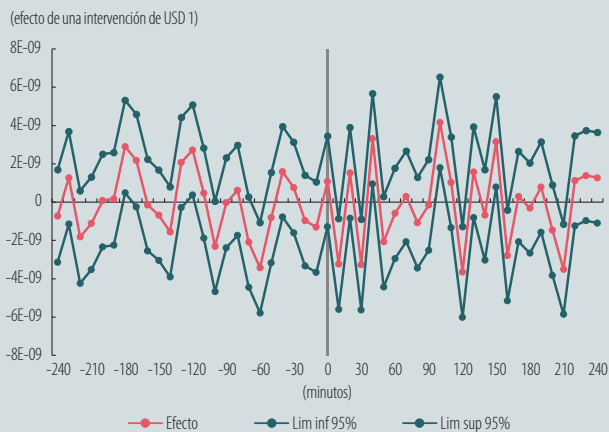
#### A. Volatilidad de la tasa de cambio



#### B. Turnover



#### C. Bid-ask spread



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

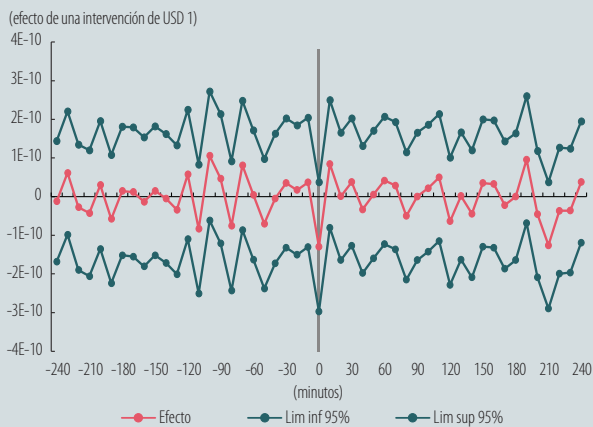
Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.6 Impactos de las compras directas discrecionales sobre la tasa de cambio, la volatilidad, *turnover* y BAS (2006-2008) (sección 3)

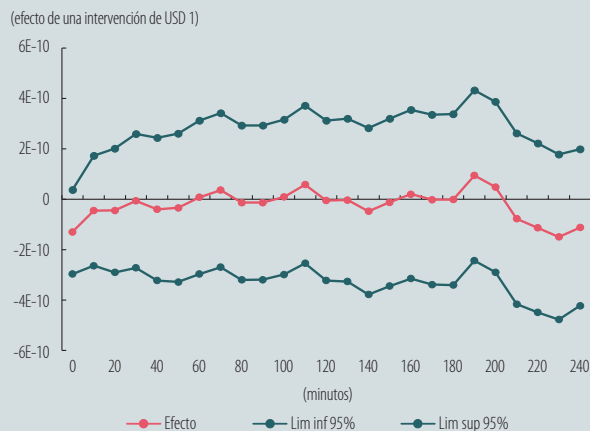
Gráfico A4.2  
Impactos de las compras directas discrecionales sobre la tasa de cambio, la volatilidad, *turnover* y BAS (2006-2008)

Entre 2006 y 2008 la intervención directa discrecional no tiene un impacto estadísticamente significativo sobre el retorno de la tasa de cambio, ni tiene un efecto acumulado posterior a la intervención. Adicionalmente, este instrumento incrementa los niveles de volatilidad del retorno y el *turnover* en el momento en que ocurre.

### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio



### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio



### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio



### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*

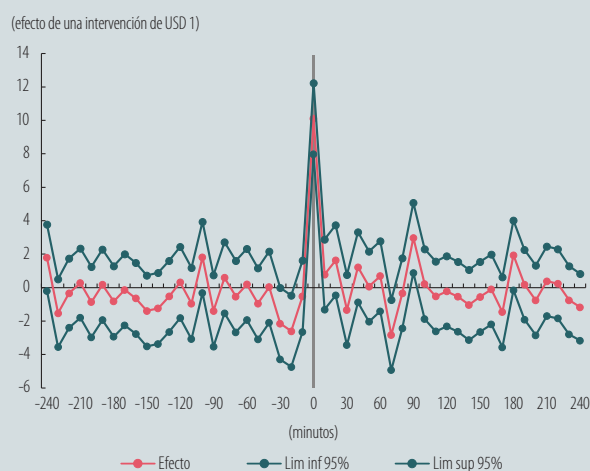
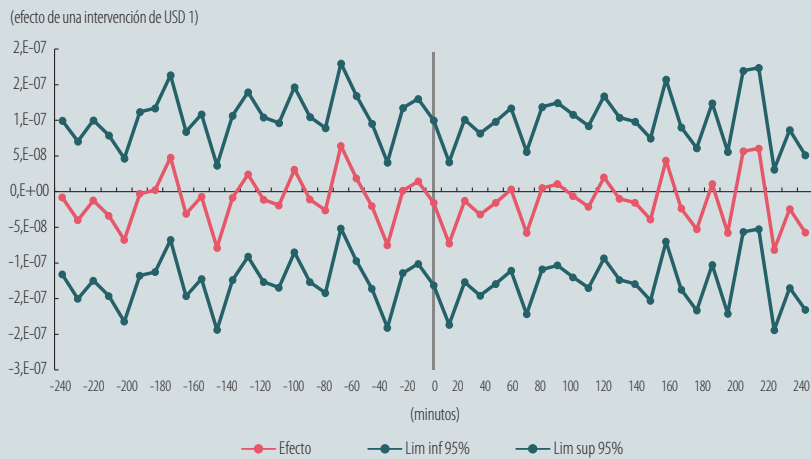


Gráfico A4.2 (Continuación)  
Impactos de las compras directas discrecionales sobre la tasa de cambio, la volatilidad, *turnover* y *BAS* (2006-2008)

D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*



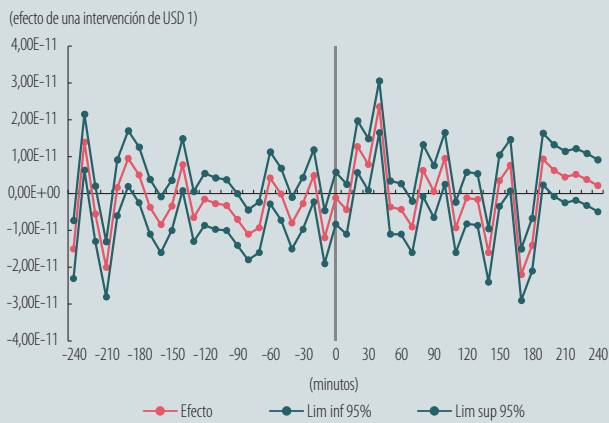
Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante del tiempo se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0. Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.7 Impactos de las opciones *call* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, y el *turnover* y el *BAS* (2006-2008) (sección 3)

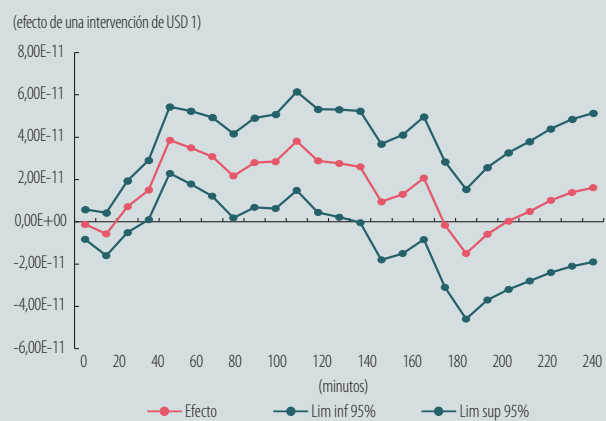
**Gráfico A4.3**  
Impactos de las opciones *call* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, y sobre el *turnover* y el *BAS* (2006-2008)

Entre 2006 y 2008 la intervención mediante opciones *call* no tiene un impacto estadísticamente significativo sobre el retorno de la tasa de cambio al momento de la intervención, sin embargo, los coeficientes son significativos unos instantes previos y posteriores a la intervención. Adicionalmente, el impacto sobre la volatilidad, el *turnover* y el *BAS* muestra un comportamiento similar.

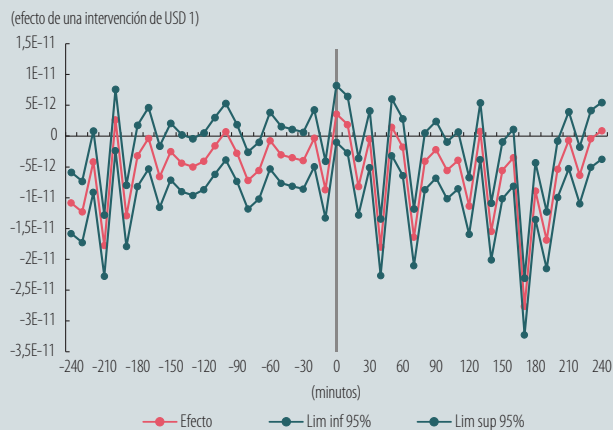
### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio



### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio



### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio



### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*

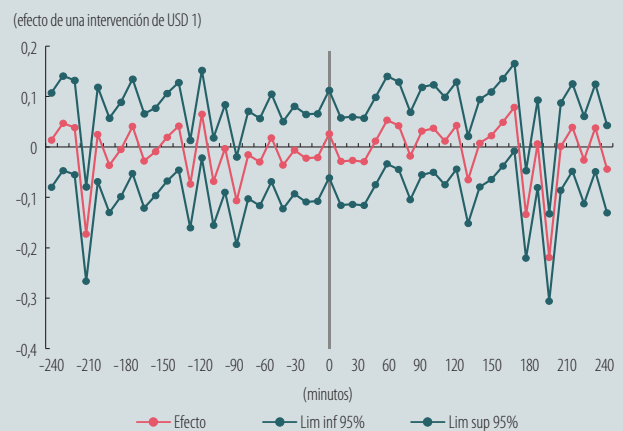
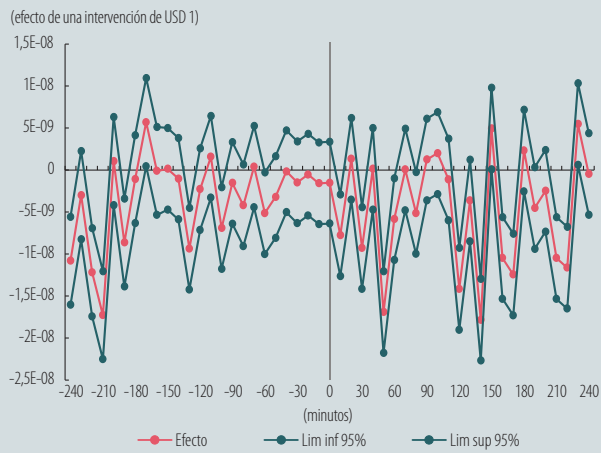


Gráfico A4.3 (Continuación)  
Impactos de las opciones *call* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, y sobre el *turnover* y el *BAS* (2006-2008)

D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

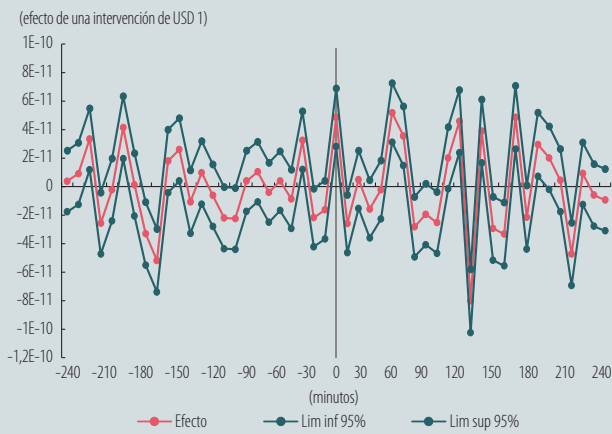
Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.8 Impactos de las compras directas preanunciadas sobre la de tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2006-2008) (sección 3)

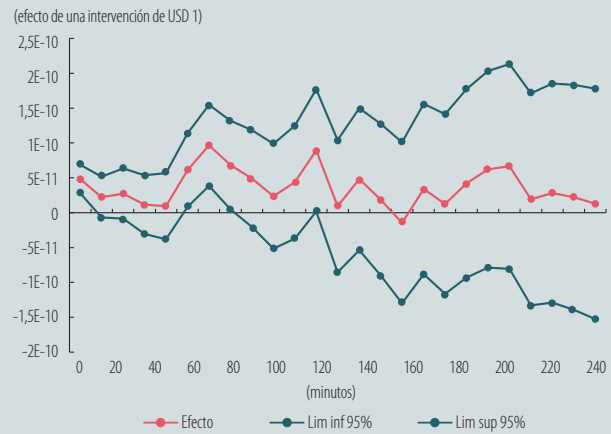
**Gráfico A4.4**  
Impactos de las compras directas preanunciadas sobre la de tasa de cambio y su volatilidad, sobre el *turnover* y el *BAS*

Entre 2006 y 2008 la intervención mediante compras directas preanunciadas tiene un impacto estadísticamente significativo sobre el retorno de la tasa de cambio minutos previos a la operación, así como al momento de esta y algunos instantes después, aunque no tiene un efecto duradero. Adicionalmente, el impacto sobre la volatilidad es positivo y, en su mayoría, significativo en una ventana de dos horas alrededor de la intervención, mientras el impacto sobre el *turnover* y el *BAS* es significativo algunos instantes antes y después de la intervención.

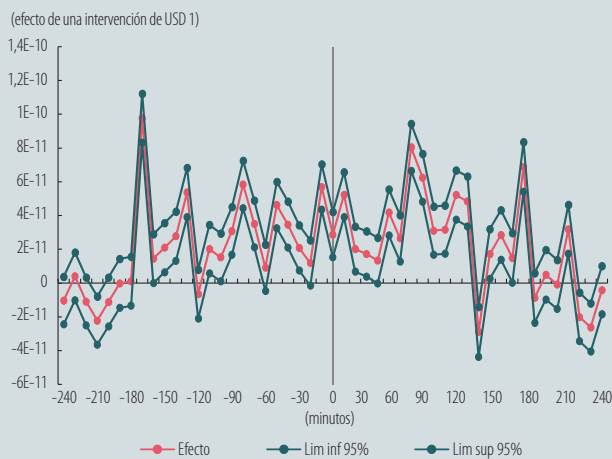
### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio



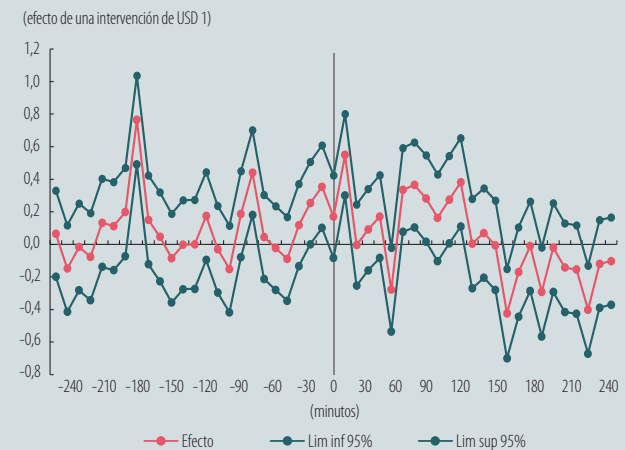
### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio



### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio



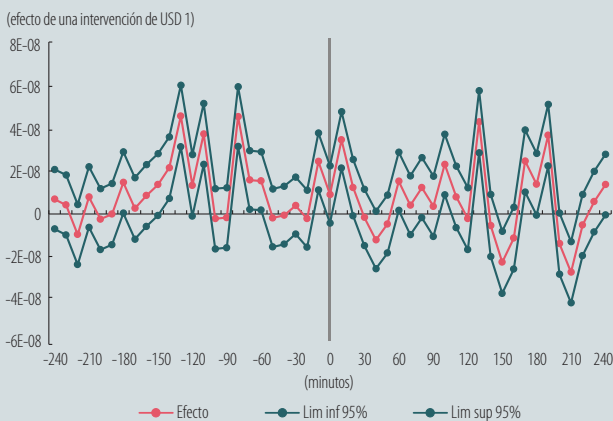
### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*



### Gráfico A4.4 (Continuación)

#### Impactos de las compras directas preanunciadas sobre la de tasa de cambio y su volatilidad, sobre el *turnover* y el *BAS*

#### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

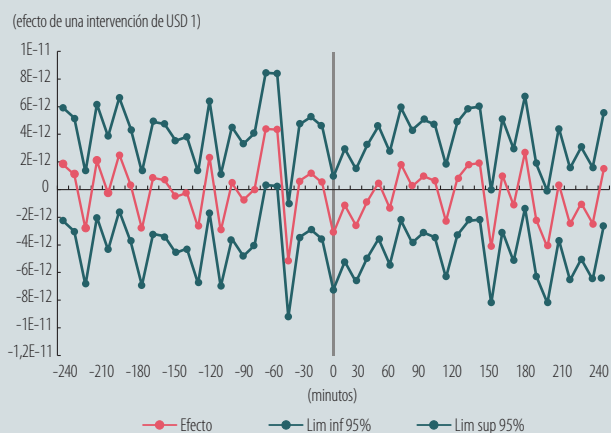
Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.9 Impactos de las opciones *put* de control de volatilidad sobre la de tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2006-2008) (sección 3)

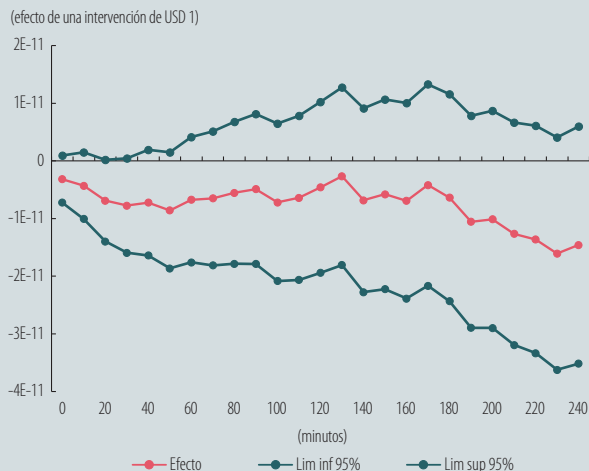
Gráfico A4.5  
Impactos de las opciones *put* de control de volatilidad sobre la de tasa de cambio y su volatilidad, sobre el *turnover* y el *BAS* (2006-2008)

Entre 2006 y 2008 la intervención mediante opciones *put* de control de volatilidad no tiene un impacto estadísticamente significativo al momento de la intervención ni hay un efecto acumulado posterior. De manera similar, no se encuentra un impacto significativo sobre la volatilidad, el *turnover* y el *BAS* al momento de la intervención.

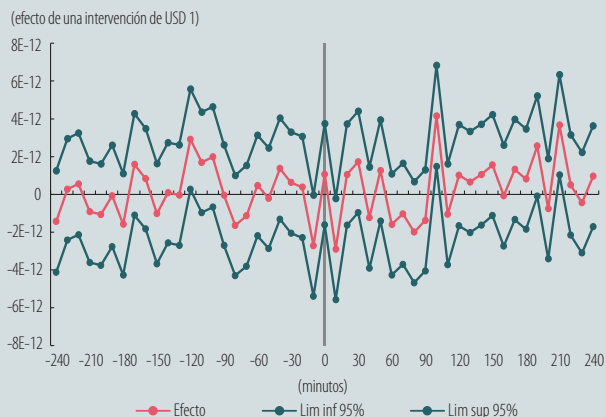
### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio



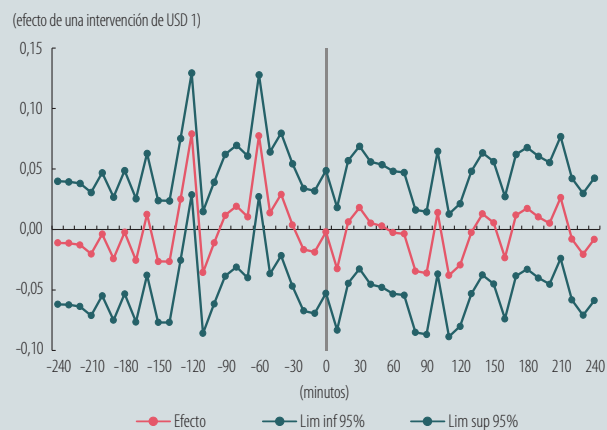
### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio



### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio



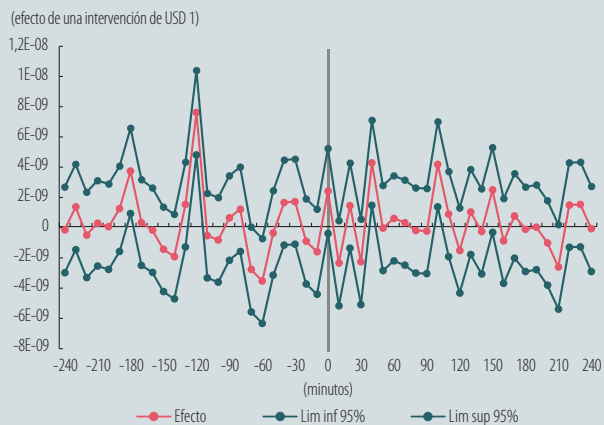
### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*



### Gráfico A4.5 (Continuación)

Impactos de las opciones *put* de control de volatilidad sobre la de tasa de cambio y su volatilidad, sobre el *turnover* y el *BAS* (2006-2008)

#### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.10 Impactos de la FXI sobre la volatilidad de la tasa de cambio, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011) (Sección 3)

### Gráfico A4.6 Impactos de la FXI sobre la volatilidad de la tasa de cambio, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

Entre 2007 y 2011 el efecto de la intervención sobre la volatilidad del retorno, el *turnover* y el *BAS* es estadísticamente significativo al momento cero, y en el caso de la volatilidad y el *BAS* también se es significativo algunos minutos después y antes de la intervención.

#### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



#### ii. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*

(efecto de una intervención de USD 1)

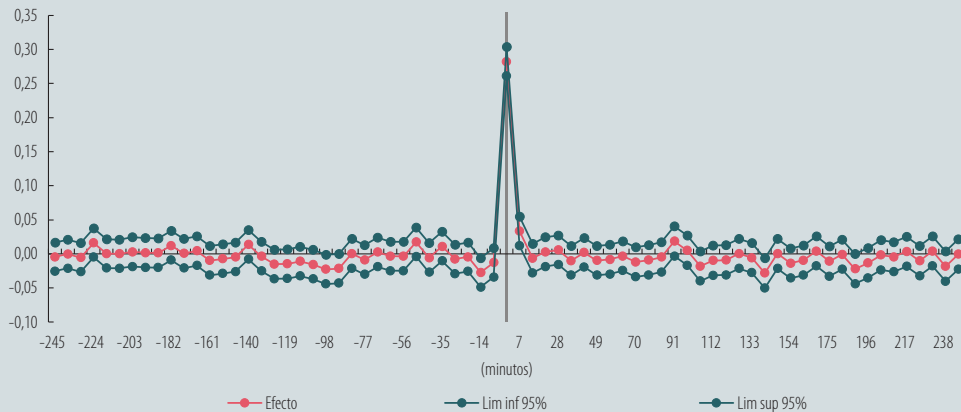
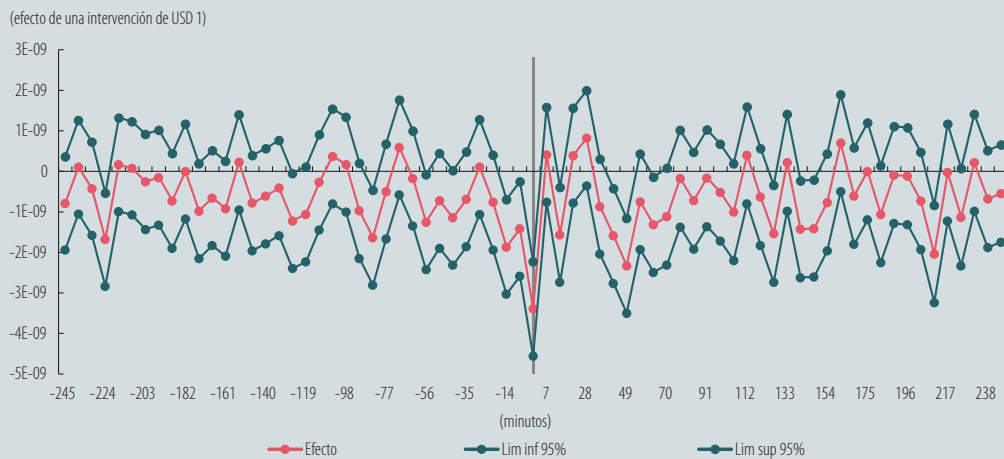


Gráfico A4.6 (Continuación)  
Impactos de la FXI sobre la volatilidad de la tasa de cambio, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *Bid-Ask spread*



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.11 Impactos de las subastas de compras directas preanunciadas sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011) (sección 3)

Gráfico A4.7

### Impactos de las subastas de compras directas preanunciadas sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

Entre 2007 y 2011 la intervención mediante compras directas preanunciadas tiene un efecto significativo sobre el retorno de la tasa de cambio y genera una depreciación del peso al momento de la intervención, aunque dicho efecto no es persistente. De manera similar, estas operaciones tienen un efecto significativo sobre la volatilidad y el *turnover* en el momento cero, mientras que sobre el *BAS* no se encuentra un efecto significativo en este instante.

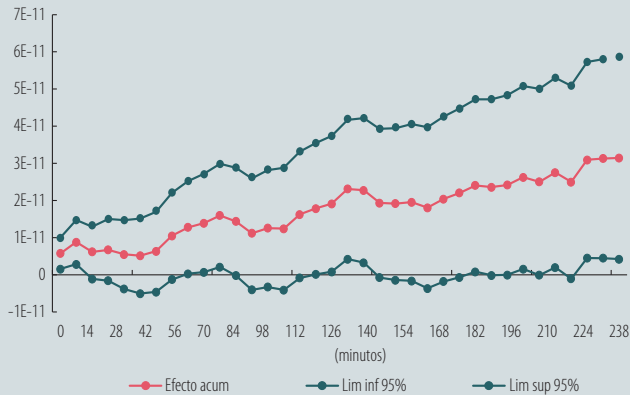
#### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



#### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



#### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio

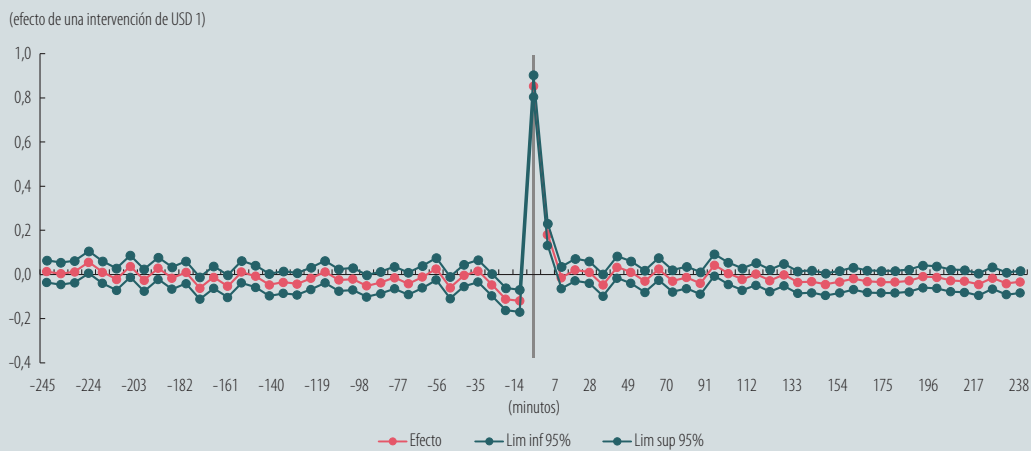
(efecto de una intervención de USD 1)



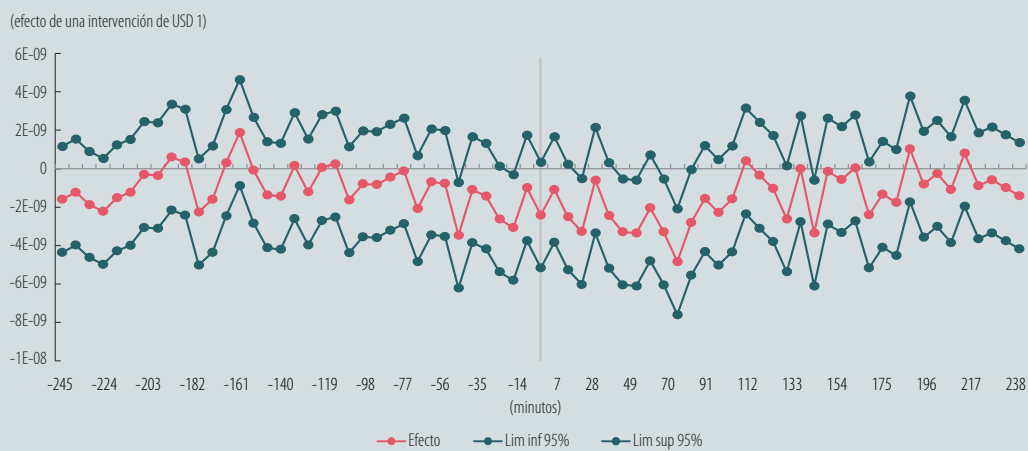
### Gráfico A4.7 (Continuación)

#### Impactos de las subastas de compras directas preanunciadas sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

##### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*



##### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

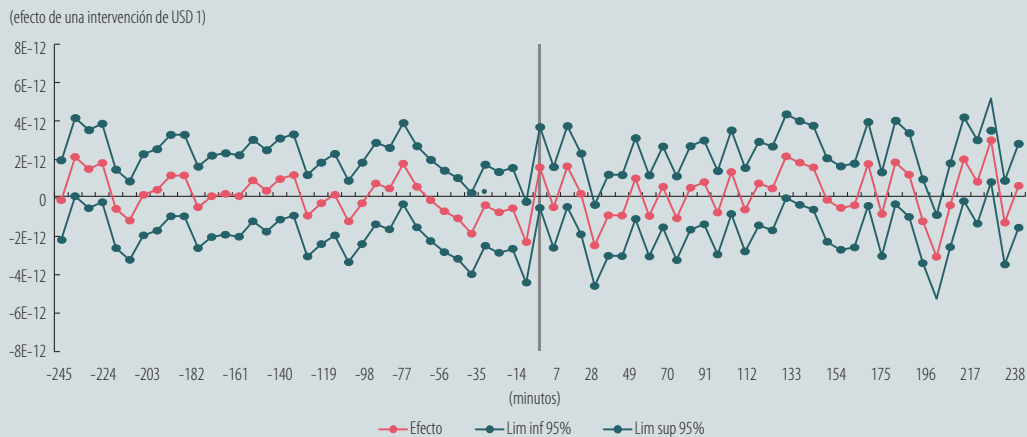
## A.4.12 Impactos de las opciones *put* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011) (sección 3)

Gráfico A4.8

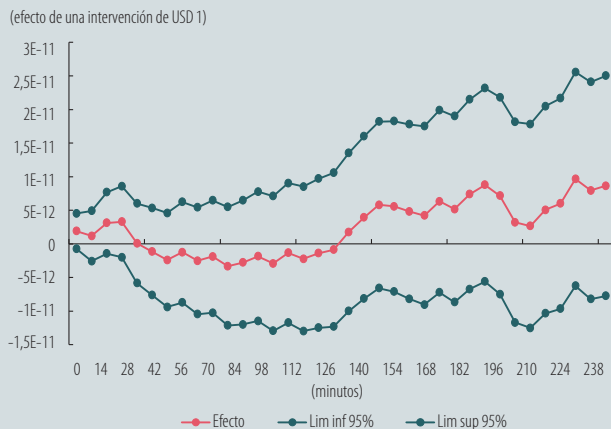
### Impactos de las opciones *put* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

Entre 2007 y 2011 la intervención mediante opciones *put* de control de volatilidad tiene un efecto significativo sobre el retorno de la tasa de cambio 7 minutos antes y en algunos minutos después de la intervención, pero no tiene un efecto acumulado significativo. Por su parte, el impacto sobre la volatilidad y el *turnover* no es significativo en el instante cero, mientras que el impacto sobre el *BAS* sí lo es.

#### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio



#### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio



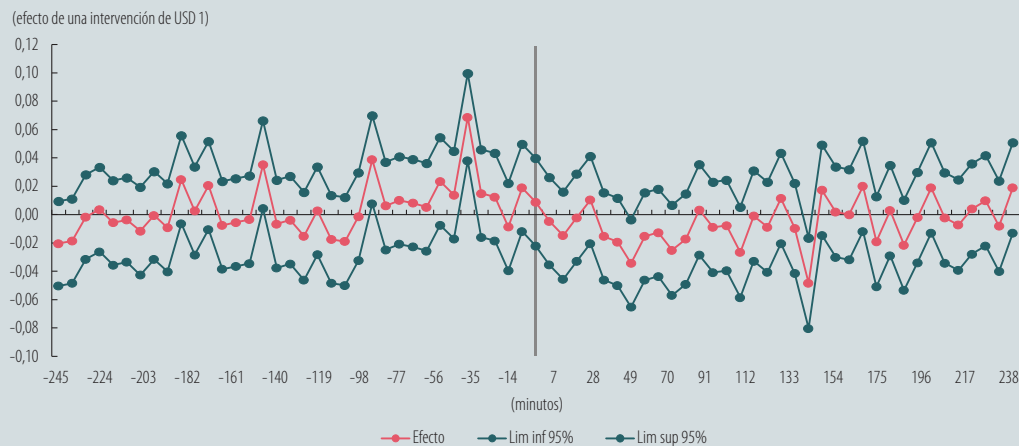
#### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio



### Gráfico A4.8 (Continuación)

### Impactos de las opciones *put* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

#### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*



#### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

### A.4.13 Impactos de las opciones *call* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011) (sección 3)

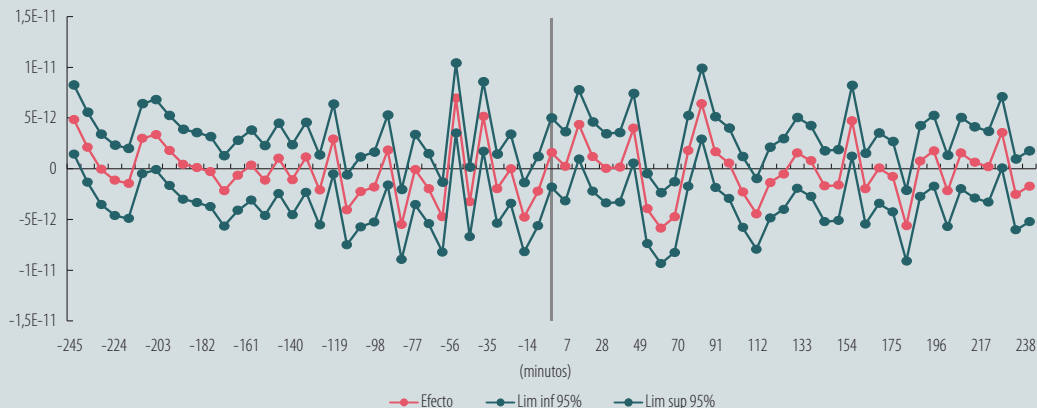
Gráfico A4.9

#### Impactos de las opciones *call* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

Entre 2007 y 2011 la intervención mediante opciones *call* de control de volatilidad no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el retorno al momento de la intervención, sin embargo, los coeficientes son significativos en algunos instantes antes y después de esta, aunque el signo de los coeficientes no va hacia un mismo sentido. Por su parte, el impacto sobre la volatilidad y el *turnover* no es significativo al momento de la intervención, mientras que el impacto sobre el *BAS* es significativo desde unos minutos antes y unos minutos después de la intervención, aunque, similar a la respuesta de los retornos, los coeficientes varían en dirección.

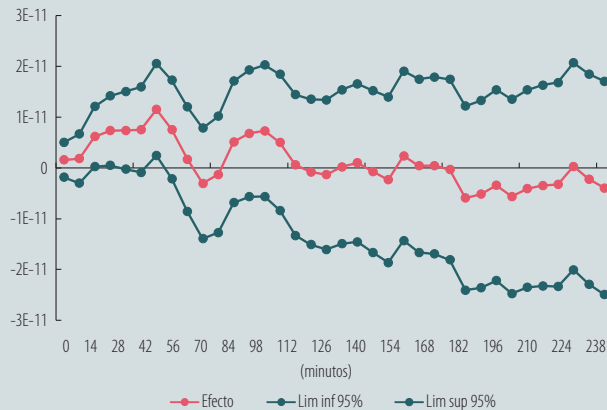
#### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



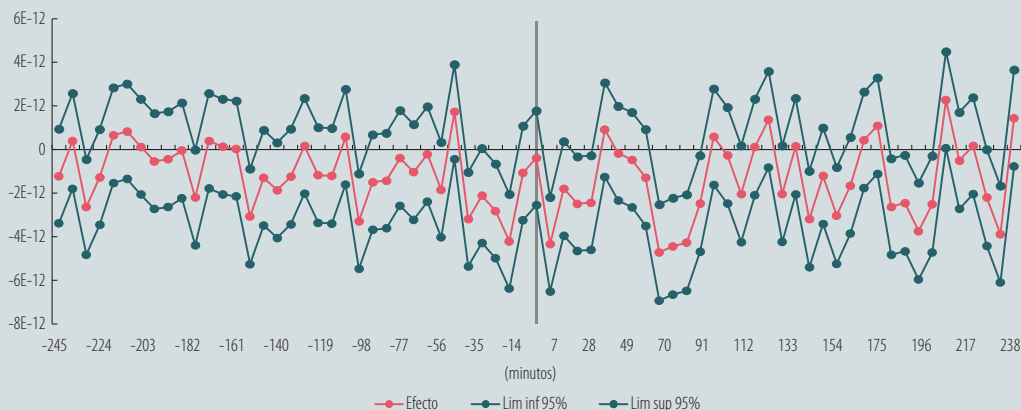
#### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



#### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)

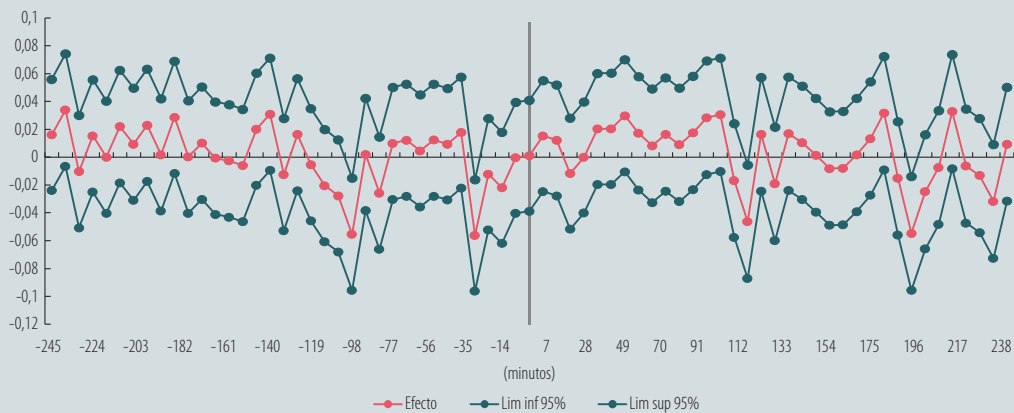


### Gráfico A4.9 (Continuación)

### Impactos de las opciones *call* de control de volatilidad sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

#### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*

(efecto de una intervención de USD 1)



#### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*

(efecto de una intervención de USD 1)



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.14 Impactos de las opciones *put* de acumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011) (sección 3)

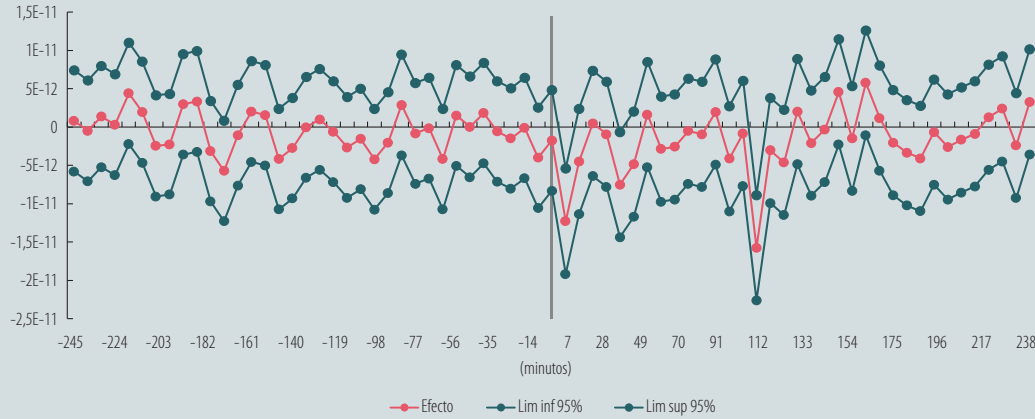
Gráfico A4.10

### Impactos de las opciones *put* de acumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

Entre 2007 y 2011 la intervención mediante opciones *put* de acumulación de reservas no tienen un impacto significativo sobre el retorno en el instante de la intervención; no obstante, el coeficiente es significativo 7, 35 y 105 minutos después. En contraste, el efecto acumulado de la intervención sobre el retorno es significativo y persistente desde los 7 minutos siguientes a la intervención y hasta 4 horas después. El efecto de esta intervención sobre la volatilidad, el *turnover* y el *BAS* no es estadísticamente significativo al momento de la intervención.

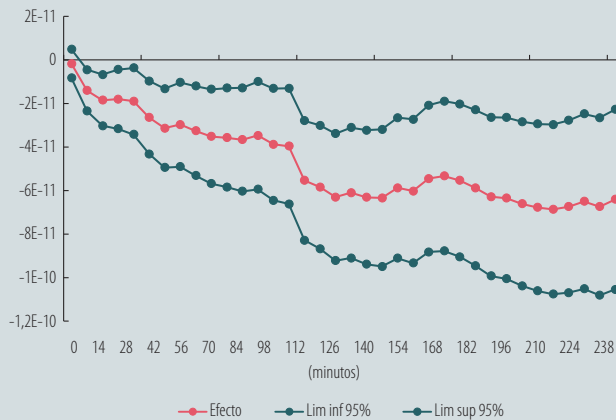
#### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



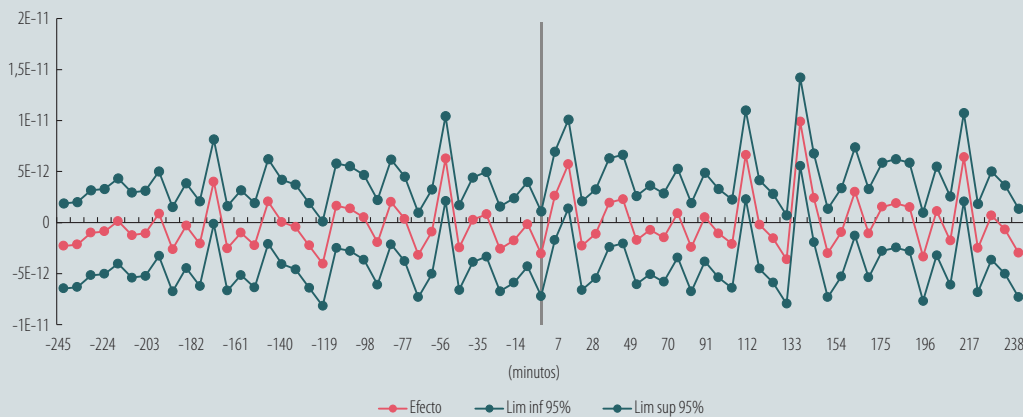
#### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



#### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)

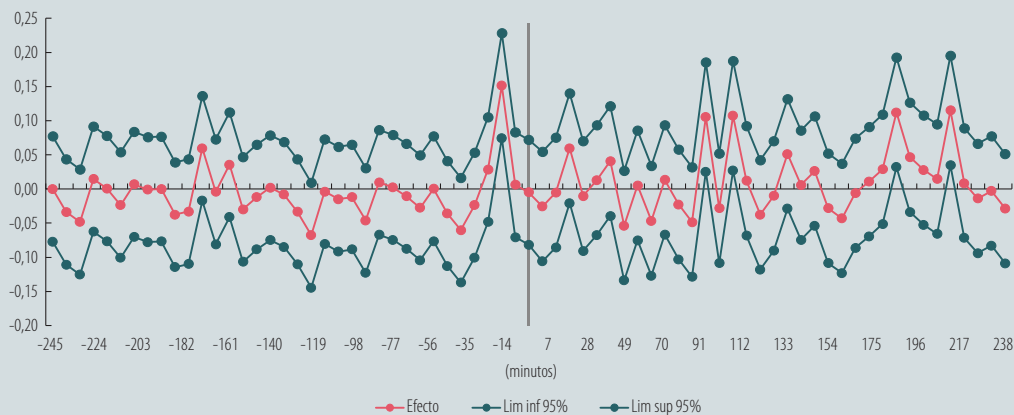


## Gráfico A4.10 (Continuación)

### Impactos de las opciones *put* de acumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, y sobre el *turnover* y el *BAS* (2007-2011)

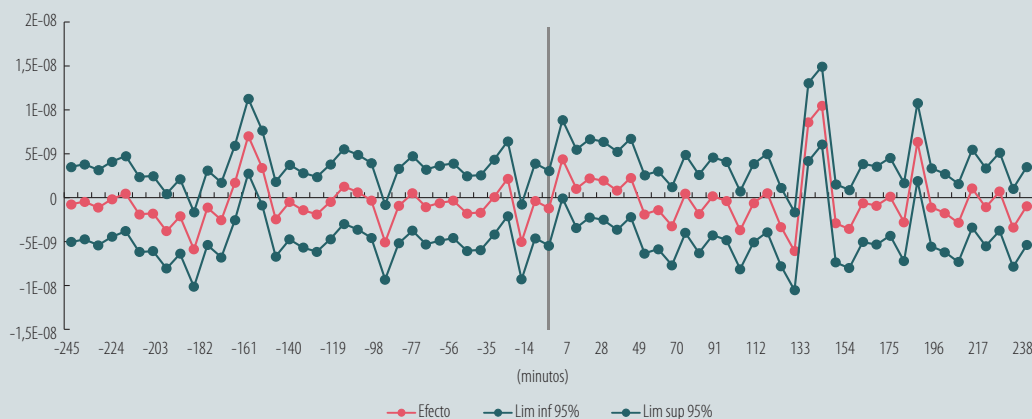
#### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*

(efecto de una intervención de USD 1)



#### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*

(efecto de una intervención de USD 1)



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

### A.4.15 Impactos de la FXI sobre la volatilidad de la tasa de cambio, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019) (Sección 3)

Gráfico A4.11

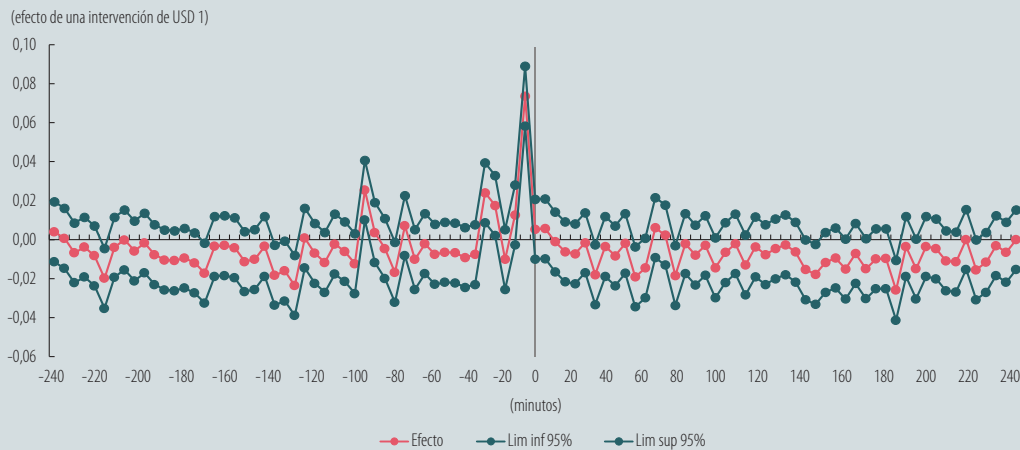
#### Impactos de la FXI sobre la volatilidad de la tasa de cambio, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019)

Entre 2011 y 2019 el efecto de la intervención sobre la volatilidad del retorno y el *BAS* es en su mayoría significativo durante la ventana de tiempo analizada (cuatro horas antes y después de la intervención) y los coeficientes son negativos; en contraste, el impacto sobre el *turnover* es positivo y significativo al momento de la intervención.

#### A. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio

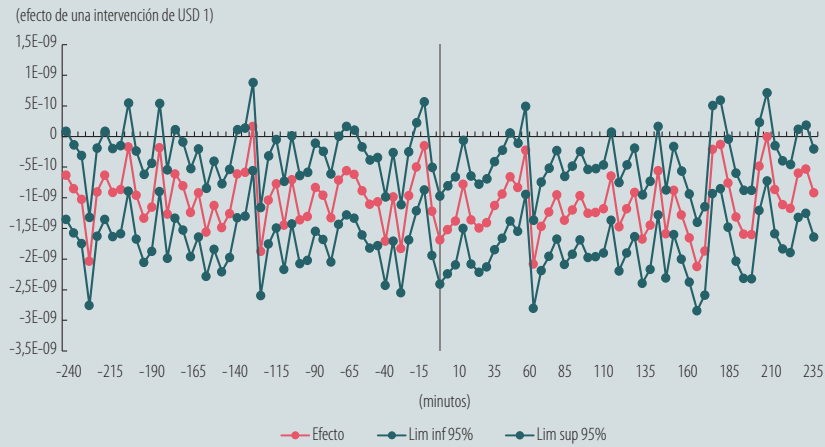


#### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*



## Gráfico A4.11 (Continuación) Impactos de la FXI sobre la volatilidad de la tasa de cambio, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019)

### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.16 Impactos de las subastas de compras directas (preanunciadas y anunciadas) sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019) (sección 3)

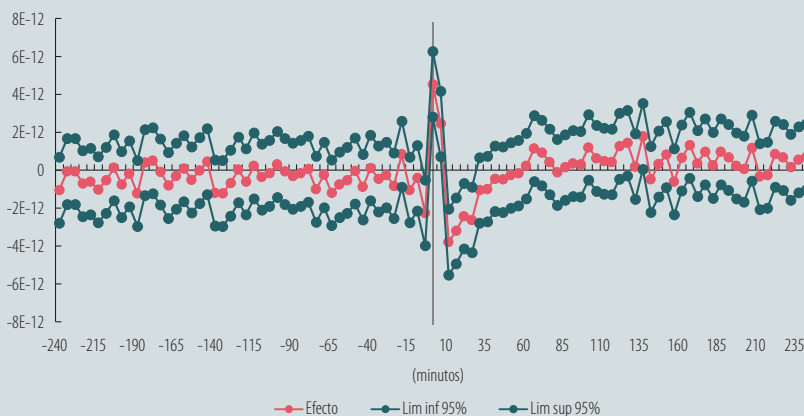
Gráfico A4.12

### Impactos de las subastas de compras directas (preanunciadas y anunciadas) sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019)

Entre 2011 y 2019 la intervención mediante compras directas preanunciadas tiene un efecto significativo sobre el retorno en la tasa de cambio algunos minutos previos a la intervención y hasta 25 minutos después. Durante los primeros cinco minutos el coeficiente indica una depreciación de la tasa de cambio, mientras que en los siguientes veinte minutos muestra una apreciación. Por su parte, el efecto sobre la volatilidad y sobre el *BAS* es significativo, y el coeficiente es negativo en las cuatro horas alrededor de la intervención; adicionalmente, el efecto sobre el *turnover* es significativo en el momento cero y algunos instantes después.

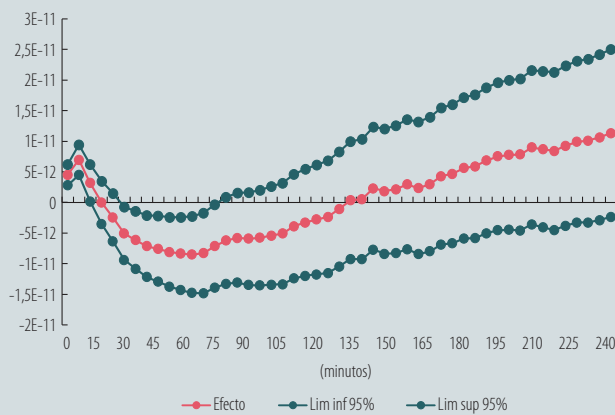
#### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



#### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)

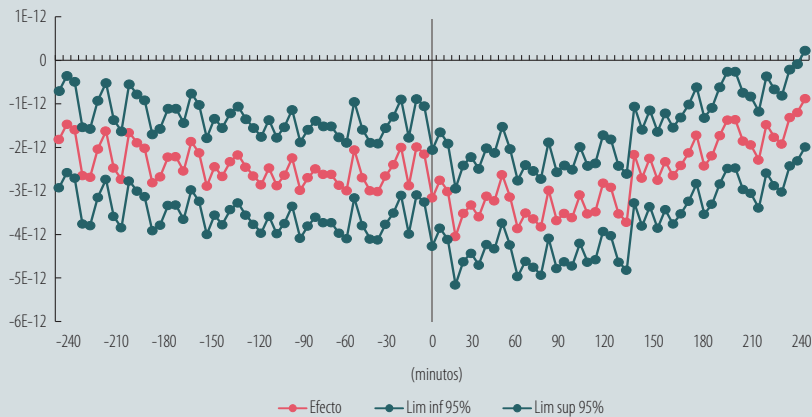


## Gráfico A4.12 (Continuación)

Impactos de las subastas de compras directas (preanunciadas y anunciadas) sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019)

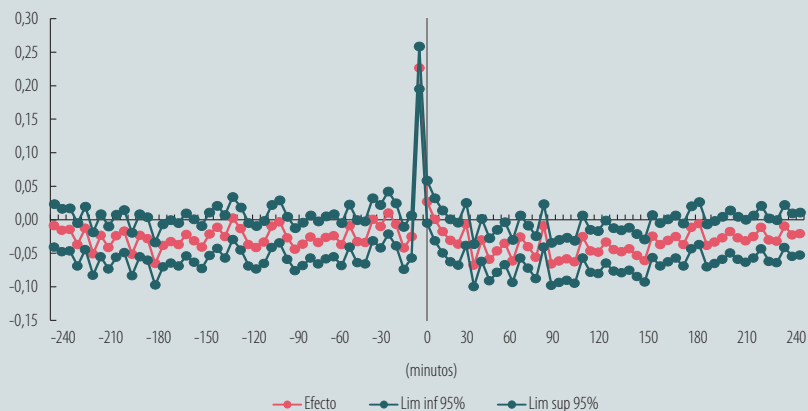
### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



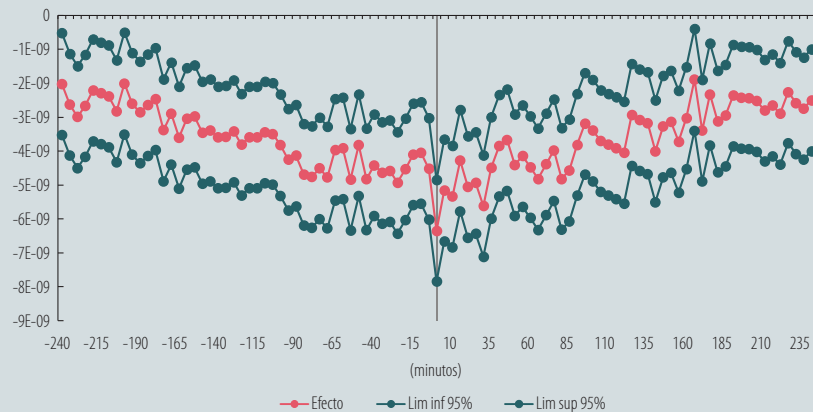
### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*

(efecto de una intervención de USD 1)



### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*

(efecto de una intervención de USD 1)



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto "0".

Fuente: estimaciones de los autores.

## A.4.17 Impactos de las opciones *put* de acumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019) (sección 3)

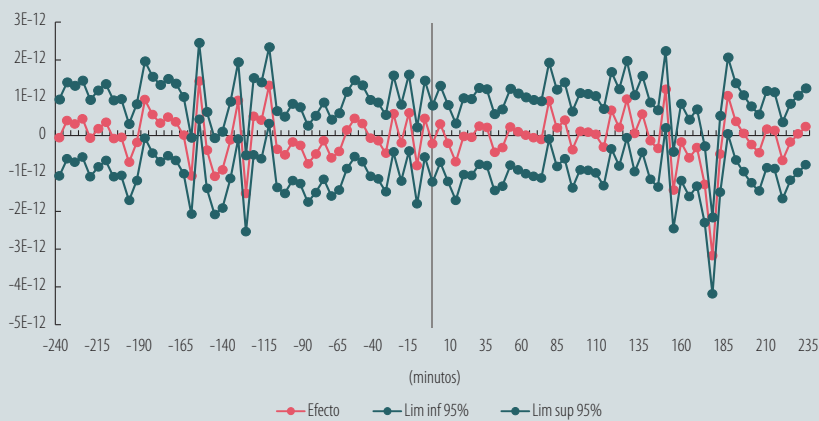
### Gráfico A4.13

#### Impactos de las opciones *put* de acumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, sobre el *turnover* y el *BAS* (2011-2019)

Entre 2011 y 2019 la intervención mediante opciones *put* de acumulación de reservas no impacta el retorno de la tasa de cambio ni la volatilidad en la mayoría de los instantes de la ventana de tiempo analizada y, por tanto, se encuentra que la persistencia sobre el retorno es nula. Por su parte, el impacto sobre el *turnover* tiene coeficiente positivo y significativo en varios instantes antes de la intervención, mientras que el efecto sobre el *BAS* oscila entre positivo y negativo, antes y después del instante de la intervención.

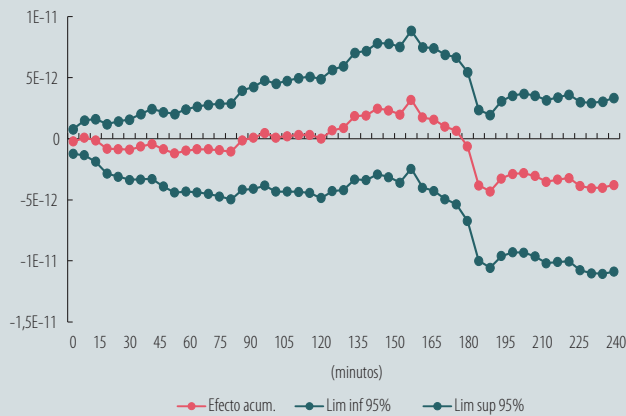
#### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



#### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



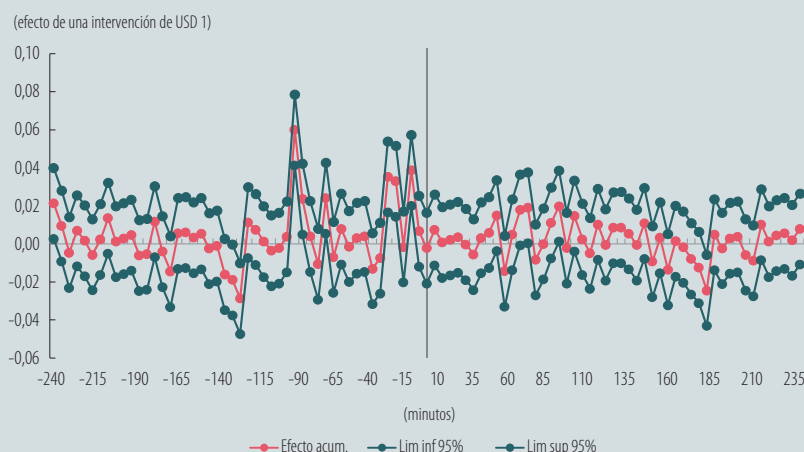
### Gráfico A4.13 (Continuación)

## Impactos de las opciones *put* de acumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, sobre el *turnover* y el *BAS* (2011-2019)

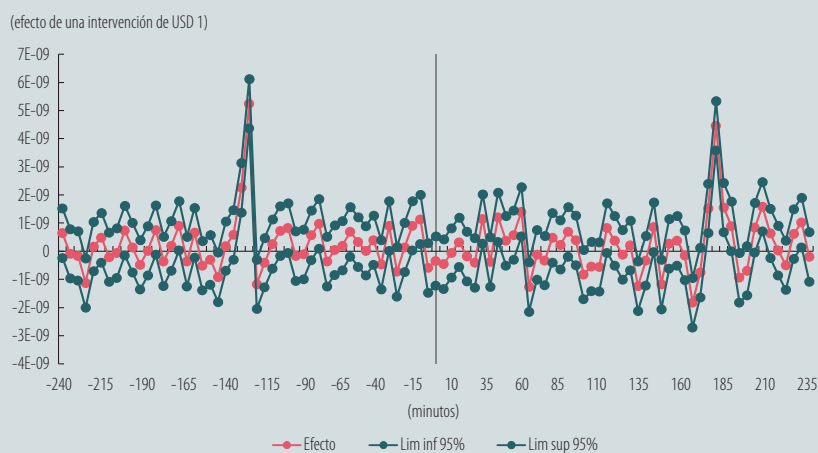
### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio



### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*



### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

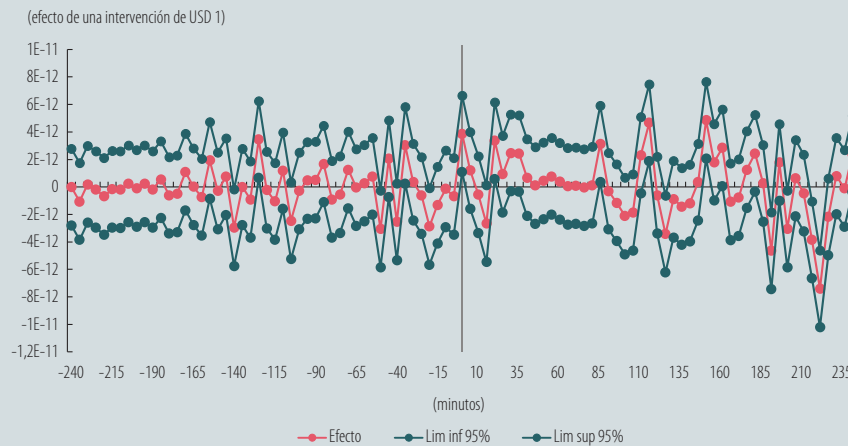
## A.4.18 Impactos de las opciones *call* de desacumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019) (Sección 3)

Gráfico A4.14

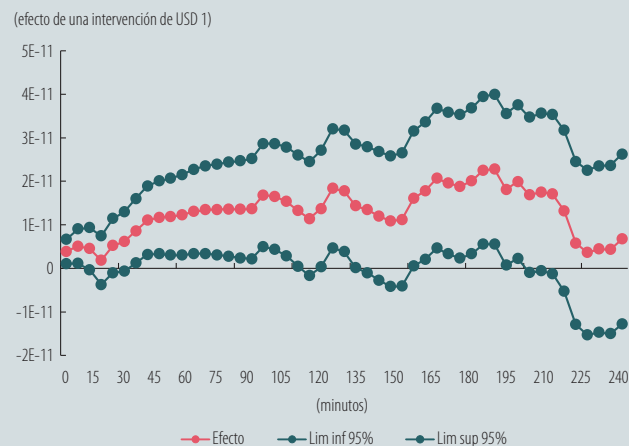
### Impactos de las opciones *call* de desacumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019)

Entre 2011 y 2019 la intervención mediante las opciones *call* de desacumulación de reservas tiene un efecto significativo sobre el retorno de la tasa de cambio y con coeficiente positivo. Adicionalmente, este mecanismo reduce la volatilidad en el instante cero y en algunos instantes previos y posteriores. Por otra parte, no hay un impacto sobre el *turnover* y sobre el *BAS* en el momento de la intervención, aunque en algunos instantes antes y después hay coeficientes significativos y negativos.

#### A. i. Impacto de una intervención de USD 1 sobre los retornos intradía de la tasa de cambio



#### ii. Impacto acumulado de una intervención de USD 1 sobre la tasa de cambio

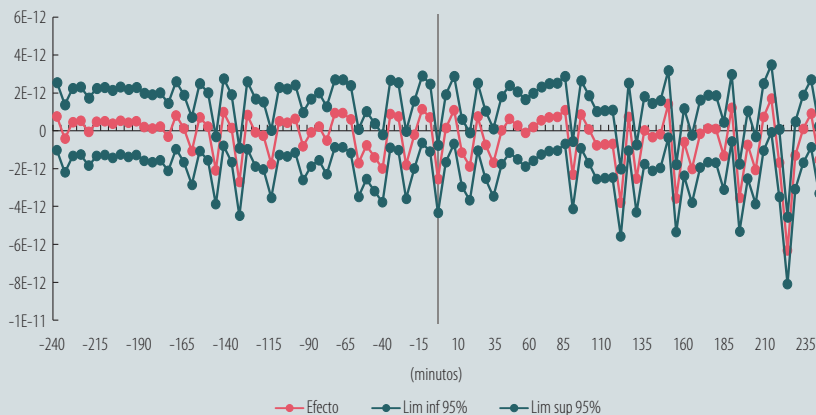


## Gráfico A4.14 (Continuación)

### Impactos de las opciones *call* de desacumulación sobre la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (2011-2019)

#### B. Impacto de una intervención de USD 1 sobre la volatilidad del retorno de la tasa de cambio

(efecto de una intervención de USD 1)



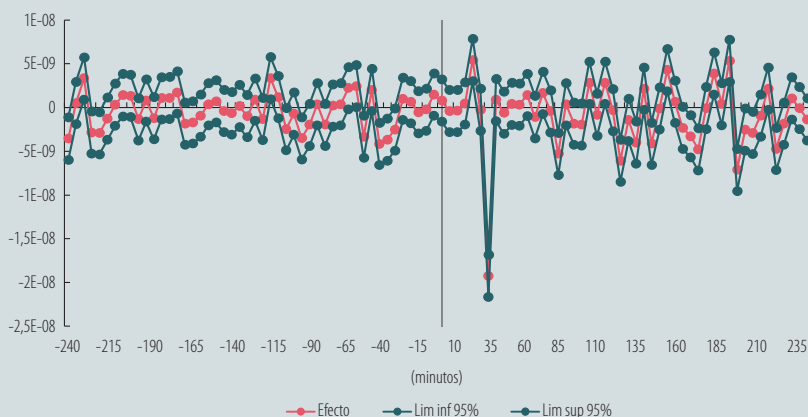
#### C. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *turnover*

(efecto de una intervención de USD 1)



#### D. Impacto de una intervención de USD 1 sobre el *bid-ask spread*

(efecto de una intervención de USD 1)



Nota: mostramos la senda del coeficiente estimado (la línea de la mitad) y un intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (las líneas superior e inferior). Si el valor de cero se encuentra dentro del intervalo de confianza en un determinado instante, se dice que el respectivo coeficiente no es estadísticamente significativo. El coeficiente mide el impacto de una intervención de USD 1 en los minutos que comprenden una ventana de cuatro horas alrededor del momento de la intervención o minuto 0.

Fuente: estimaciones de los autores.

### A.4.19 Resumen de las estimaciones de los impactos de la FXI y su duración por tipo sobre el retorno de la tasa de cambio y su volatilidad, el *turnover* y el *BAS* (sección 3)

Los cuadros A4.7 a A4.10 resumen los resultados que se muestran en los numerales A.4.6-A.4.9, A.4.11-A.4.14, A.4.16-A.4.18 y presenta el impacto máximo sobre el retor-

no de la tasa de cambio y su duración, la volatilidad, el *turnover*, y el *BAS* que tuvieron en cada período cada tipo de intervención cambiaria e instrumento utilizado, teniendo en cuenta una ventana de 240 minutos previos y posteriores a la intervención, así como el impacto que tuvo la intervención en el instante 0. Los valores reportados son las respuestas a una intervención de USD 100 millones.

Cuadro A4.7  
Tasa de cambio

Impactos sobre el retorno de la tasa de cambio (FXI de USD 100 millones en el momento 0)						
Submuestra	Tipo intervención	Tamaño del impacto máximo 60 minutos antes de la intervención	Tamaño del impacto al minuto 0	Tamaño del impacto máximo 60 minutos después de la intervención	Duración	Anexo/ Numeral
2006-2008	<b>Intervención discrecional</b>					
	Coefficiente	-0,702%	-1,297%	0,845%	Nula	4/A.4.6
	Valor-p	(0,40)	(0,12)	(0,31)		
	Rezago (minutos)	-50	0	10		
	<b>Call control volatilidad</b>					
	Coefficiente	-0,120%	0,000%	0,002%	Menos de dos horas	4/A.4.7
	Valor-p	(0,00)	(0,73)	(0,00)		
	Rezago (minutos)	-10	0	40		
	<b>Compra directa preanunciada</b>					
	Coefficiente	0,324%	0,485%	0,518%	Menos de dos horas	4/A.4.8
	Valor-p	(0,00)	(0,00)	(0,00)		
	Rezago (minutos)	-30	0	50		
<b>Put control volatilidad</b>						
Coefficiente	-0,051%	-0,032%	-0,026%	Nula	4/A.4.9	
Valor-p	(0,01)	(0,12)	(0,20)			
Rezago (minutos)	-40	0	20			
2007-2011	<b>Compra directa preanunciada</b>					
	Coefficiente	-0,032%	0,022%	0,041%	Todo el día (depreciación)	4/A.4.11
	Valor-p	(0,14)	(0,01)	(0,05)		
	Rezago (minutos)	-35	0	49		
	<b>Put control volatilidad</b>					
	Coefficiente	-0,030%	0,019%	-0,032%	Nula	4/A.4.12
	Valor-p	(0,02)	(0,15)	(0,02)		
	Rezago (minutos)	-7	0	28		
	<b>Call control volatilidad</b>					
	Coefficiente	0,070%	0,016%	-0,059%	Hasta media hora	4/A.4.13
	Valor-p	(0,00)	(0,35)	(0,00)		
	Rezago (minutos)	-49	0	56		
<b>Put acumulación de reservas</b>						
Coefficiente	-0,042%	-0,018%	-0,123%	Todo el día (apreciación)	4/A.4.14	
Valor-p	(0,21)	(0,59)	(0,00)			
Rezago (minutos)	-56	0	7			
2011-2019	<b>Compra directa (anunc. y pre.)</b>					
	Coefficiente	-0,023%	0,045%	-0,038%	Hasta una hora	4/A.4.16
	Valor-p	(0,01)	(0,00)	(0,00)		
	Rezago (minutos)	-5	0	10		
	<b>Put acumulación de reservas</b>					
	Coefficiente	-0,008%	-0,002%	-0,007%	Nula	4/A.4.17
	Valor-p	(0,12)	(0,67)	(0,17)		
	Rezago (minutos)	-10	0	15		
	<b>Call desaccum. de reservas</b>					
	Coefficiente	-0,031%	0,039%	0,034%	Hasta tres horas	4/A.4.18
	Valor-p	(0,03)	(0,01)	(0,02)		
	Rezago (minutos)	-50	0	20		

Fuente: estimaciones de los autores.

Cuadro A4.8  
Volatilidad de la tasa de cambio

Impactos sobre la volatilidad de la tasa de cambio (FXI de USD 100 millones en el momento 0)						
Submuestra	Tipo intervención	Tamaño del impacto máximo 60 minutos antes de la intervención	Tamaño del impacto al minuto 0	Tamaño del impacto máximo 60 minutos después de la intervención	Anexo/Numeral	
2006-2008	<b>Intervención discrecional</b>					
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	-0,595%	2,064%	-0,598%	4/A.4.6	
	Valor-p	(0,28)	(0,00)	(0,27)		
	Rezago (minutos)	-20	0	30		
	2006-2008	<b>Call de volatilidad</b>				
		Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	-0,087%	0,036%	-0,180%	4/A.4.7
		Valor-p	(0,00)	(0,12)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-10	0	40		
	2006-2008	<b>Compra directa preanunciada</b>				
		Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	0,569%	0,288%	0,523%	4/A.4.8
		Valor-p	(0,00)	(0,00)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-10	0	10		
	2006-2008	<b>Put Control Volatilidad</b>				
		Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	-0,027%	0,011%	-0,029%	4/A.4.9
		Valor-p	(0,04)	(0,43)	(0,03)	
Rezago (minutos)	-10	0	10			
2007-2011	<b>Compra directa preanunciada</b>					
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	-0,030%	-0,032%	-0,032%	4/A.4.11	
	Valor-p	(0,03)	(0,02)	(0,02)		
	Rezago (minutos)	-7	0	35		
	2007-2011	<b>Put control volatilidad</b>				
		Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	0,016%	-0,006%	-0,021%	4/A.4.12
		Valor-p	(0,06)	(0,51)	(0,01)	
	Rezago (minutos)	-35	0	14		
	2007-2011	<b>Call de volatilidad</b>				
		Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	-0,042%	-0,004%	-0,047%	4/A.4.13
		Valor-p	(0,00)	(0,72)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-14	0	63		
	2007-2011	<b>Put acumulación de reservas</b>				
		Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	0,063%	-0,031%	0,057%	4/A.4.14
		Valor-p	(0,00)	(0,14)	(0,01)	
Rezago (minutos)	-49	0	14			
2011-2019	<b>Compra directa (anunc. y pre.)</b>					
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	-0,030%	-0,032%	-0,040%	4/A.4.16	
	Valor-p	(0,00)	(0,00)	(0,00)		
	Rezago (minutos)	-35	0	15		
	2011-2019	<b>Put acumulación de reservas</b>				
		Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	0,004%	-0,003%	-0,003%	4/A.4.17
		Valor-p	(0,23)	(0,29)	(0,30)	
	Rezago (minutos)	-10	0	60		
	2011-2019	<b>Call desacum. de reservas</b>				
		Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	-0,020%	-0,025%	-0,019%	4/A.4.18
		Valor-p	(0,03)	(0,00)	(0,03)	
	Rezago (minutos)	-35	0	20		

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A4.9  
Turnover

Impactos sobre el <i>turnover</i> (FXI de USD 100 millones en el momento 0)					
Submuestra	Tipo intervención	Tamaño del impacto máximo 60 minutos antes de la intervención	Tamaño del impacto al minuto 0	Tamaño del impacto máximo 60 minutos después de la intervención	Ver anexo
2006-2008	<b>Intervención discrecional</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↑	↑	4/A.4.6
	Valor-p	(0,02)	(0,00)	(0,12)	
	Rezago (minutos)	-20	0	20	
	<b>Call de volatilidad</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↑	↑	4/A.4.7
	Valor-p	(0,41)	(0,55)	(0,22)	
	Rezago (minutos)	-40	0	50	
	<b>Compra directa preanunciada</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↑	↑	4/A.4.8
	Valor-p	(0,01)	(0,18)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-10	0	10	
	<b>Put Control Volatilidad</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↓	↓	4/A.4.9
	Valor-p	(0,00)	(0,94)	(0,20)	
Rezago (minutos)	-60	0	10		
2007-2011	<b>Compra directa preanunciada</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↑	↑	4/A.4.11
	Valor-p	(0,00)	(0,00)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-7	0	7	
	<b>Put control volatilidad</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↑	↓	4/A.4.12
	Valor-p	(0,00)	(0,57)	(0,03)	
	Rezago (minutos)	-35	0	49	
	<b>Call de volatilidad</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↑	↑	4/A.4.13
	Valor-p	(0,01)	(0,96)	(0,14)	
	Rezago (minutos)	-28	0	49	
<b>Put acumulación de reservas</b>					
Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↓	↑	4/A.4.14	
Valor-p	(0,00)	(0,90)	(0,14)		
Rezago (minutos)	-14	0	21		
2011-2019	<b>Compra directa (anunc. y pre.)</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↑	↓	4/A.4.16
	Valor-p	(0,00)	(0,09)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-5	0	30	
	<b>Put acumulación de reservas</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↓	↑	4/A.4.17
	Valor-p	(0,00)	(0,81)	(0,05)	
	Rezago (minutos)	-10	0	60	
	<b>Call desacum. de reservas</b>				
Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↑	↓	4/A.4.18	
Valor-p	(0,19)	(0,50)	(0,04)		
Rezago (minutos)	50	0	55		

Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro A4.10  
Bid-ask spread

Impactos sobre el BAS (FXI de USD 100 millones en el momento 0)					
Submuestra	Tipo intervención	Tamaño del impacto máximo 60 minutos antes de la intervención	Tamaño del impacto al minuto 0	Tamaño del impacto máximo 60 minutos después de la intervención	Ver anexo
2006-2008	<b>Intervención discrecional</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↓	↓	4/A.4.6
	Valor-p	(0,20)	(0,79)	(0,20)	
	Rezago (minutos)	-30	0	10	
	<b>Call de volatilidad</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↓	↓	4/A.4.7
	Valor-p	(0,04)	(0,54)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-60	0	50	
	<b>Compra directa preanunciada</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↑	↑	4/A.4.8
	Valor-p	(0,00)	(0,17)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-10	0	10	
	<b>Put Control Volatilidad</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↑	↑	4/A.4.9
	Valor-p	(0,01)	(0,10)	(0,00)	
Rezago (minutos)	-60	0	40		
2007-2011	<b>Compra directa preanunciada</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↓	↓	4/A.4.11
	Valor-p	(0,01)	(0,08)	(0,02)	
	Rezago (minutos)	-42	0	49	
	<b>Put control volatilidad</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↓	↓	4/A.4.12
	Valor-p	(0,07)	(0,00)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-63	0	21	
	<b>Call de volatilidad</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↓	↓	4/A.4.13
	Valor-p	(0,00)	(0,00)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-7	0	28	
<b>Put acumulación de reservas</b>					
Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↓	↑	4/A.4.14	
Valor-p	(0,02)	(0,57)	(0,05)		
Rezago (minutos)	-14	0	7		
2011-2019	<b>Compra directa (anunc. y pre.)</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↓	↓	4/A.4.16
	Valor-p	(0,00)	(0,00)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-25	0	30	
	<b>Put acumulación de reservas</b>				
	Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↑	↓	↑	4/A.4.17
	Valor-p	(0,01)	(0,44)	(0,00)	
	Rezago (minutos)	-10	0	55	
	<b>Call desacum. de reservas</b>				
Aumenta (↑)/Disminuye(↓)	↓	↑	↓	4/A.4.18	
Valor-p	(0,00)	(0,51)	(0,00)		
Rezago (minutos)	-40	0	30		

Fuente: cálculos de los autores.

#### A.4.20 Modelo Egarch-M y estimaciones (sección 5)

Presentamos cuatro versiones del modelo de regresión. La variable dependiente en la ecuación de la media de las dos regresiones son los retornos diarios de la tasa de cambio. Las variables independientes que se incluyen en las cuatro especificaciones son la variación diaria de los CDS para Colombia a cinco años, como medida del riesgo-país, denominado  $D(CDS)$ ; la variación del diferencial de tasas de interés entre Colombia y Estados Unidos, la cual llamamos  $D(Dif\_Tasas)$ ; los retornos de los precios del petróleo Brent, denominados *Retornos Brent*; la variable dicotómica para la intervención cambiaria preanunciada o los montos de intervención, los cuales llamamos *Dummy  $I\_preanunciada$*  e  *$I\_preanunciada$* , respectivamente, y el *BAS*, el cual denominamos *bid-ask*.

Antes de proseguir, algunas aclaraciones sobre las variables mencionadas. Primero, los *credit default swaps* (CDS) son derivados financieros (*swaps*) diseñados para transferir la exposición al riesgo crediticio de títulos de renta fija (están definidos en puntos básicos). El comprador recibe protección crediticia, mientras que el vendedor garantiza la solvencia del título. Segundo, la tasa interbancaria corresponde a la tasa de interés local, mientras que la tasa efectiva de los fondos federales corresponde a la tasa de interés de los Estados Unidos. Tercero, la variable de intervención preanunciada en dólares se rezaga un período. Dada la naturaleza de la intervención preanunciada, es muy poco probable que existan problemas de endogeneidad. La intervención preanunciada es un tipo de intervención que no está determinada día a día por el comportamiento de otras variables, como los retornos de la tasa de cambio y su volatilidad. De acuerdo con Echavarría *et al.* (2013), el grado de endogeneidad de la intervención preanunciada es menor que el de otros mecanismos de intervención cambiaria, tales como la intervención discrecional. La inclusión de esta variable rezagada elimina la posibilidad de que existan remanentes de endogeneidad. Sin embargo, los resultados son robustos a la inclusión de la variable contemporánea.

Las regresiones de las columnas (2) y (4) del Cuadro A4.11 incluyen la interacción entre las variables de intervención cambiaria y el *BAS*, para evaluar si el nivel de liquidez del mercado cambiario medido por el *BAS* incide en la efectividad de la intervención cambiaria. Con respecto a la ecuación de la varianza del modelo Egarch-M, se incluyen las variables que son significativas, tales como la intervención y el *BAS*. Aunque se estimaron distintos modelos para los diferentes mecanismos de intervención cambiaria, tan solo los resultados obtenidos con la intervención cambiaria preanunciada fueron significativos.

En el Cuadro A4.11 se observa que la variación de los CDS, el diferencial de tasas de interés y los retornos de los precios del petróleo explican el comportamiento de la tasa de cambio, y tienen los signos esperados. Por ejemplo, un mayor riesgo que se mide por la variación de los CDS tiende a depreciar la tasa de cambio, mientras que aumentos en el diferencial de tasas de interés y en los precios del petróleo tienden a apreciar el peso colombiano. Por su parte, la depreciación del tipo de

cambio estuvo asociada con las compras de dólares preanunciadas y el *BAS*. Una vez incluimos la interacción entre las variables de intervención cambiaria y el *BAS* en las columnas (2) y (4), encontramos que a menor liquidez del mercado cambiario la intervención cambiaria es más efectiva. Con respecto a los resultados de la ecuación de la varianza, se observa que la intervención preanunciada disminuyó la volatilidad cambiaria, mientras que el *bid-ask* la aumentó.

Cuadro A4.11

Estimaciones modelo Egarch-M: impacto de intervención y la liquidez sobre los retornos de la tasa de cambio

Método	Egarch-M			
	(1)	(2)	(3)	(4)
<b>Ecuación de la media</b>				
Desv. estándar condicional	-0,461 (0,004)***	-0,445 (0,138)***	-0,510 (0,005)***	-0,482 (0,012)***
Constante	0,015 (0,000)***	0,037 (0,034)	0,063 (0,001)***	0,070 (0,006)***
Retornos(-1)	0,144 (0,009)***	0,143 (0,017)***	0,148 (0,006)***	0,146 (0,007)***
D(CDS)	0,041 (0,002)***	0,041 (0,003)***	0,041 (0,003)***	0,041 (0,003)***
D(Dif_Tasas)	-0,201 (0,039)***	-0,202 (0,103)**	-0,201 (0,017)***	-0,205 (0,095)**
Retornos Brent	-0,050 (0,001)***	-0,050 (0,006)***	-0,051 (0,002)***	-0,050 (0,004)***
Dummy I_preanunciada	0,071 (0,002)***	0,003 (0,043)		
I_preanunciada(-1)			0,001 (0,001)**	0,000 (0,001)
Bid-ask	0,204 (0,002)***	0,176 (0,059)***	0,201 (0,002)***	0,179 (0,005)***
Dummy I_preanunciada*Bid-ask		0,099 (0,053)**		
I_preanunciada(-1)*Bid-ask				0,003 (0,002)*
<b>Ecuación de la varianza</b>				
Constante	-0,980 (0,007)***	-0,915 (0,693)	-0,990 (0,008)***	-0,971 (0,040)***
$\alpha_1$	0,223 (0,006)***	0,230 (0,033)***	0,212 (0,005)***	0,221 (0,014)***
$\alpha_2$	0,041 (0,021)**	0,041 (0,022)*	0,041 (0,002)***	0,040 (0,009)***
$\alpha_3$	0,679 (0,006)***	0,706 (0,277)***	0,652 (0,009)***	0,664 (0,023)***
I_preanunciada(-1)			-0,003 (0,001)**	-0,003 (0,001)**
Bid-ask	0,346 (0,006)***	0,316 (0,297)*	0,352 (0,006)***	0,341 (0,017)***
Parametro GED	1,467	1,462	1,471	1,467
Observaciones	3256	3256	3256	3256
AR(1)	0,499	0,501	0,662	0,648
AR(4)	0,919	0,919	0,964	0,957
ARCH(1)	0,419	0,396	0,443	0,396
ARCH(4)	0,294	0,331	0,200	0,199
Prueba de asimetría-Chi2	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota: *Retornos(-1)* son los retornos rezagados de la tasa de cambio; *D(CDS)* es la variación diaria de los *Credit Default Swaps*; *D(Dif\_Tasas)* es la variación diaria del diferencial de tasas de interés; *Retornos Brent* son los retornos diarios de los precios del petróleo Brent; *Dummy I\_preanunciada* es una variable dicotómica para la intervención preanunciada; *I\_preanunciada(-1)* son los montos en dólares de la intervención preanunciada rezagada; *Bid-ask* es el *bid-ask spread* del mercado cambiario de contado;  $\alpha_1$  corresponde a los efectos simétricos de choques positivos y negativos sobre la varianza;  $\alpha_2$  corresponde a los efectos asimétricos de choques positivos y negativos sobre la varianza;  $\alpha_3$  corresponde a los efectos Garch. Cada especificación se estima con una distribución generalizada (GED) para los errores. AR(p) corresponde al valor-p de la estadística Ljung-Box para probar que no existe correlación serial de los errores estandarizados hasta p rezagos. ARCH(q) corresponde al valor-p para la prueba ARCH LM de homocedasticidad de los errores al cuadrado estandarizados hasta q rezagos. Prueba de asimetría-Chi2 corresponde al valor-p de la prueba conjunta Chi2 con tres grados de libertad de los coeficientes de la regresión propuesta por Engle and Ng (1993) para probar sesgo por tamaño y signo. Si el valor-p es cercano a cero se confirma la existencia de efectos asimétricos en la volatilidad. Errores estándar Huber-White reportados en paréntesis. \*\*\*, \*\*, \* corresponde al nivel de significancia del 1%, 5%, y 10%, respectivamente.

Fuente: estimaciones de los autores.

#### A.4.21 Modelo de umbrales y estimaciones (sección 5)

El Cuadro A4.12 muestra los resultados del modelo discreto de regresión de umbrales. El *BAS* es la variable umbral en esta metodología. En las columnas (1) y (2) se muestra el comportamiento de las variables del modelo cuando el nivel del *BAS* es inferior a 1,58 o superior a 1,58, respectivamente. Dicho umbral es desconocido y lo determina el modelo. Los resultados indican que, si el *BAS* es mayor a 1,58, la intervención cambiaria preanunciada es más efectiva. Se observa que el coeficiente asociado a la variable dicotómica de intervención se duplica con respecto al escenario donde el *BAS* es menor a ese nivel. Estos resultados confirman la evidencia encontrada con la primera metodología en la cual se concluye que si el mercado cambiario es menos líquido la efectividad de la intervención cambiaria preanunciada es mayor. La especificación del modelo discreto de cambio de régimen que incluye la variable de intervención preanunciada en dólares no se reporta, porque el procedimiento econométrico no identificó un umbral para el *BAS*.

**Cuadro A4.12**  
Estimaciones del modelo de umbrales: impacto de la intervención y la liquidez sobre los retornos de la tasa de cambio

Método	Umbral discreto	
	Nivel del Bid-ask	
	(1)	(2)
	<1,58	>1,58
Constante	-0,038 (0,018)**	0,062 (0,024)***
Retornos(-1)	0,155 (0,024)***	0,145 (0,020)***
D(CDS)	0,035 (0,002)***	0,035 (0,002)***
D(Dif_Tasas)	-0,358 (0,118)***	-0,358 (0,118)***
Retornos Brent	-0,069 (0,006)***	-0,069 (0,006)***
Dummy L_preanunciada	0,064 (0,027)**	0,136 (0,079)*
Observaciones	2434	822
AR(1)	0,655	
AR(4)	0,207	

Nota: *Retornos(-1)* son los retornos rezagados de la tasa de cambio; *D(CDS)* es la variación diaria de los *Credit Default Swaps*; *D(Dif\_Tasas)* es la variación diaria del diferencial de tasas de interés; *Retornos Brent* son los retornos diarios de los precios del petróleo Brent; *Dummy L\_preanunciada* es una variable dicotómica para la intervención preanunciada; *Bid-ask* es el *bid-ask spread* del mercado cambiario de contado. AR(p) corresponde al valor-p de la estadística Ljung-Box para probar que no existe correlación serial de los errores estandarizados hasta p rezagos. Errores estándar reportados en paréntesis. \*\*\*, \*\*, \* corresponde al nivel de significancia del 1%, 5%, y 10%, respectivamente.

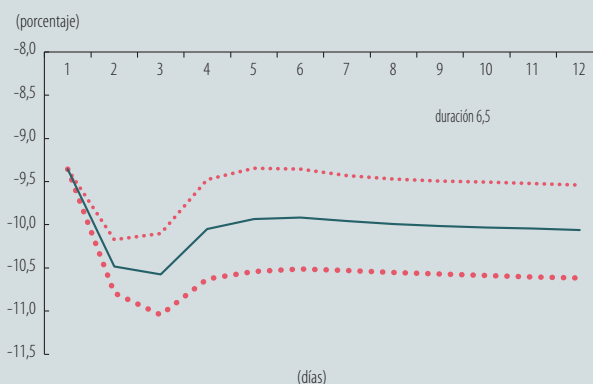
Fuentes: Banco de la República, Bloomberg, Fred Economic Data St. Louis; cálculos de los autores.

#### A.4.22 Grado de traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración en presencia de choques externos (sección 6)

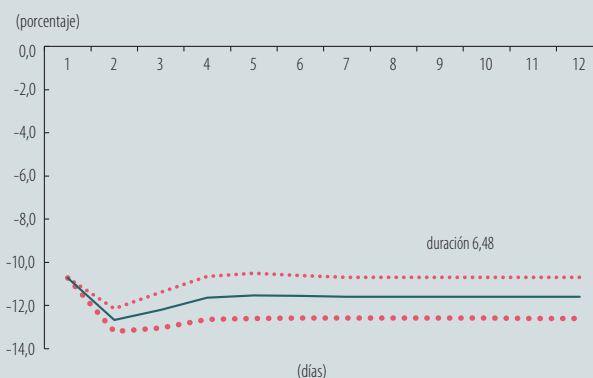
**Gráfico A4.15**  
Traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración en presencia del choque del riesgo-país (VT: brecha de la tasa de cambio real)

Cuando el peso está depreciado en términos reales y se presenta un choque al riesgo-país del 1%, la FXI tiene un traspaso negativo del choque del 9% al impacto sobre la tasa de cambio, que se desvanece con el tiempo, pero perdura por lo menos doce días. Cuando el peso está apreciado en términos reales, la FXI tiene un traspaso también negativo del choque del 11% que dura 6,5 días. Así, en presencia de un choque al riesgo-país, e independientemente del grado de desalineamiento del peso en términos reales, la FXI ve reducido su traspaso del choque sobre la tasa de cambio hasta los 6,5 días.

##### A. Régimen alto



##### B. Régimen bajo



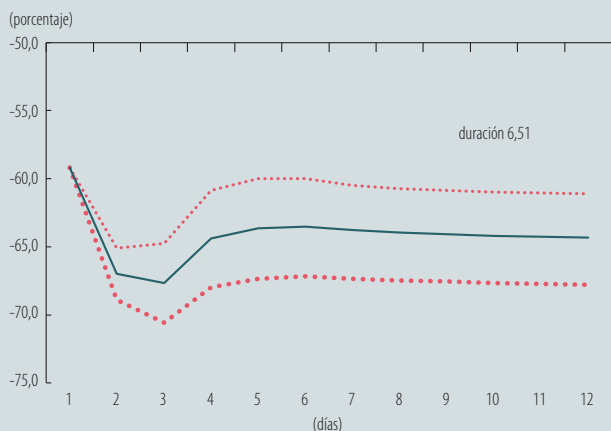
Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las FIR de los traspasos del choque del riesgo-país (EMBI-emergentes). Estas miden el grado de traspaso acumulado de la FXI, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio, condicionado a las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante el choque. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.

Fuente: estimaciones de los autores.

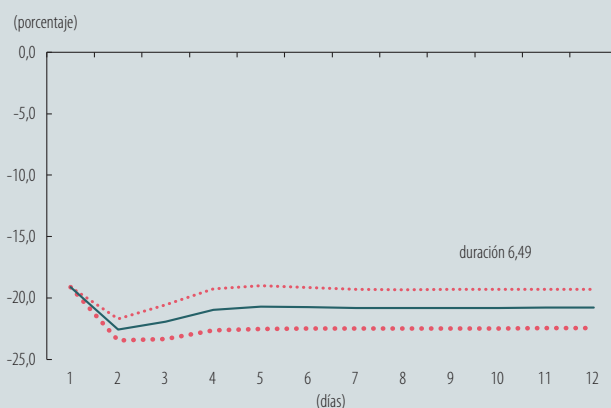
**Gráfico A4.16**  
**Traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración en presencia del choque petrolero**  
**(VT: brecha de la tasa de cambio real)**

Cuando el peso está depreciado en términos reales y se presenta un choque petrolero del 1%, la FXI tiene un traspaso negativo del choque del 60% al impacto sobre la tasa de cambio, y dura 6,5 días. Cuando el peso está apreciado en términos reales, la FXI tiene un traspaso también negativo del choque del 20%, que igualmente dura unos días. En resumen, en presencia de un choque petrolero el traspaso cambiario de la FXI se reduce en mayor grado cuando el peso está depreciado en términos reales.

**A. Régimen alto**



**B. Régimen bajo**



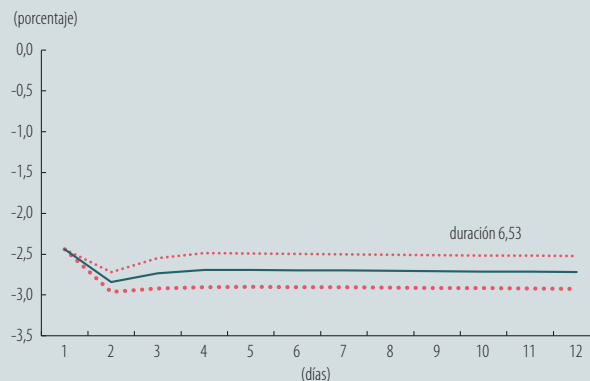
Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las FIR de los traspasos del choque del precio del petróleo. Estas miden el grado de traspaso acumulado de la FXI, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio, condicionado a las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante el choque. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.

Fuente: estimaciones de los autores.

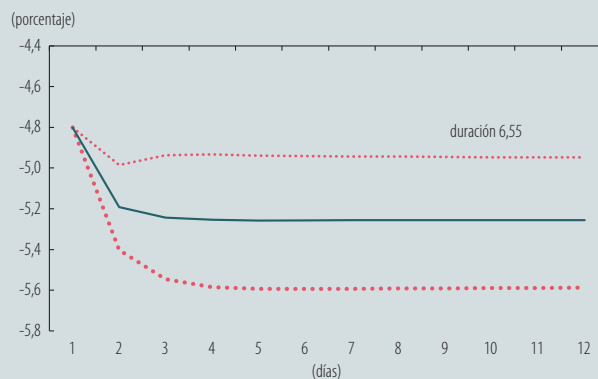
**Gráfico A4.17**  
**Traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración en presencia del choque del riesgo-país**  
**(VT: brecha de las reservas internacionales)**

Cuando las RI se ubican por encima de la tendencia y se presenta un choque del riesgo-país del 1%, la FXI tiene un traspaso negativo del choque del 2,5% al impacto sobre la tasa de cambio, se vuelve un poco más negativo a partir del segundo día y luego permanece en ese nivel por lo menos doce días. El traspaso sigue siendo negativo, pero dobla su efecto cuando las RI se ubican por debajo de la tendencia y también perdura en el tiempo. Por tanto, en presencia de un choque del riesgo-país, la transmisión cambiaria de la FXI se reduce en mayor grado cuando las RI están por debajo de la tendencia.

**A. Régimen alto**



**B. Régimen bajo**



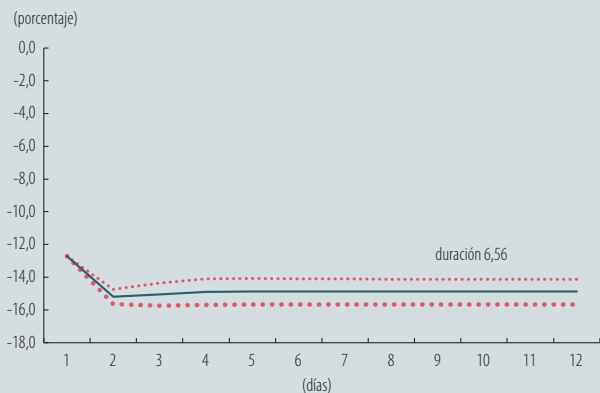
Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las FIR de los traspasos del choque del riesgo-país (EMBI-emergentes). Estas miden el grado de traspaso acumulado de la FXI, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio, condicionado a las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante el choque. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.

Fuente: estimaciones de los autores.

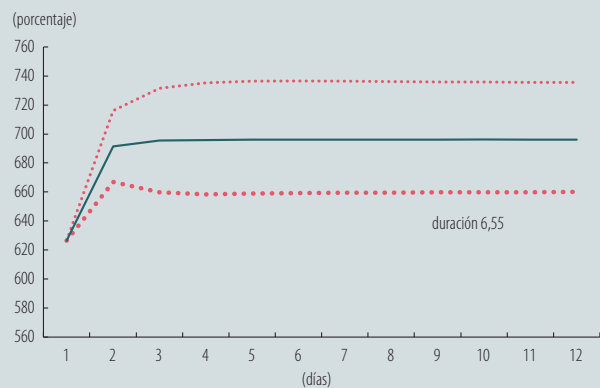
**Gráfico A4.18**  
**Traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración en presencia del choque petrolero**  
**(VT: brecha de las reservas internacionales)**

Cuando las RI se ubican por encima de la tendencia y se presenta el choque petrolero del 1%, la FXI tiene un traspaso negativo del choque del 13% al impacto sobre la tasa de cambio y dura cerca a ese nivel por lo menos doce días. El traspaso del choque es positivo y se multiplica cuando las RI se ubican por debajo de la tendencia y también perdura en el tiempo. En resumen, en presencia de un choque petrolero, la transmisión cambiaria de la FXI se torna positiva y se multiplica cuando las RI están por debajo de la tendencia.

**A. Régimen alto**



**B. Régimen bajo**



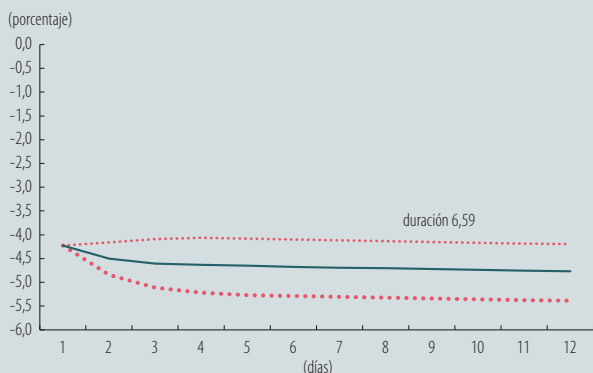
Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las FIR de los traspasos del choque del precio del petróleo. Estas miden el grado de traspaso acumulado de la FXI, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio, condicionado a las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante el choque. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.

Fuente: estimaciones de los autores.

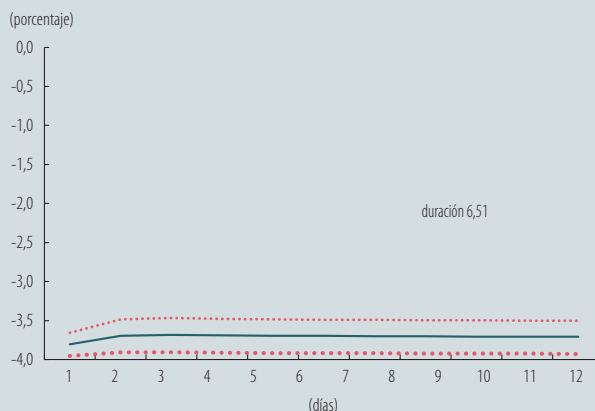
**Gráfico A4.19**  
**Traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración en presencia del riesgo-país**  
**(VT: postura de política monetaria)**

Cuando la postura de política monetaria cambia a restrictiva y se presenta un choque del riesgo-país del 1%, la FXI tiene un traspaso negativo del 4% al impacto, que no se desvanece con el tiempo y perdura por lo menos por doce días. Cuando la postura cambia a neutra, la FXI tiene un traspaso negativo del 3,5% al impacto, que tampoco se desvanece. Por último, cuando cambia a laxa, la FXI tiene un traspaso negativo del 7% al impacto y perdura unos días. Entonces, en presencia de un choque del riesgo-país, e independientemente del cambio de la postura de política monetaria, la FXI ve reducido su traspaso sobre la tasa de cambio.

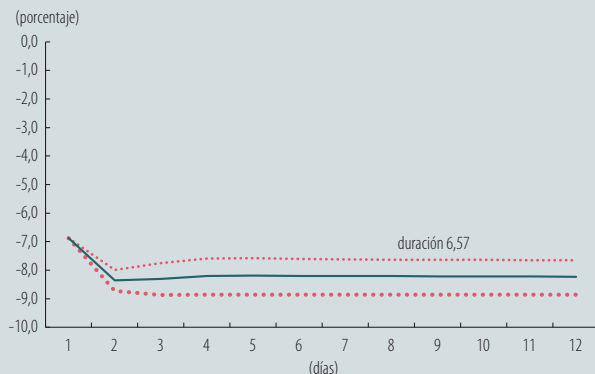
**A. Régimen alto**



**B. Régimen medio**



**C. Régimen bajo**

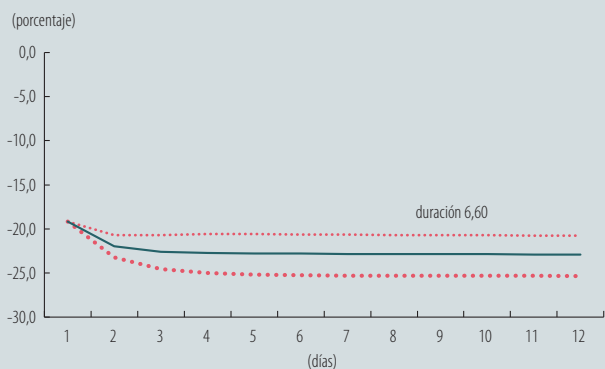


Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las FIR de los traspasos del choque del riesgo-país (EMBI-emergentes). Estas miden el grado de traspaso acumulado de la FXI, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio, condicionado a las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante el choque. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta. Fuente: estimaciones de los autores.

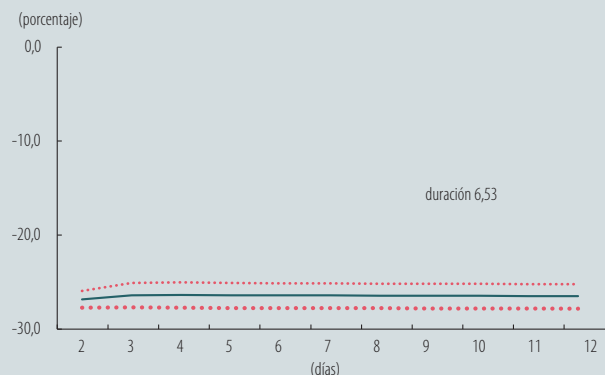
**Gráfico A4.20**  
**Traspaso de la FXI sobre la tasa de cambio y su duración en presencia del choque petrolero**  
**(VT: postura de política monetaria)**

Cuando la postura de política monetaria cambia a restrictiva y se presenta un choque petrolero del 1%, la FXI tiene un traspaso negativo del choque del 20% al impacto, que dura por lo menos el horizonte de tiempo reportado. Cuando cambia a neutra, la FXI tiene un traspaso negativo del 25% al impacto y se desvanece con el tiempo. Por último, cuando cambia a laxa, la FXI se traspa de manera negativa en un valor superior y cercano al 40% al impacto y también permanece. Así, en presencia del choque petrolero, a medida que la política monetaria se vuelve menos restrictiva, la FXI ve reducido en mayor grado su traspaso sobre la tasa de cambio.

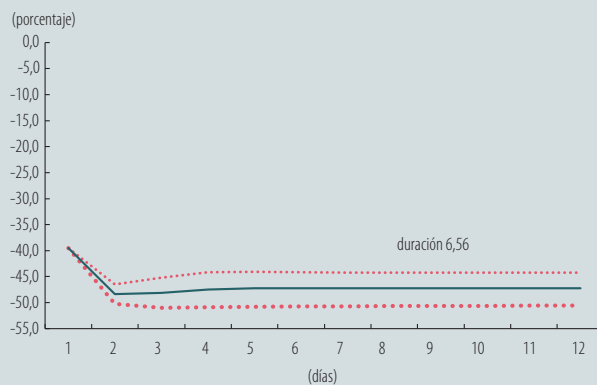
**A. Régimen alto**



**B. Régimen medio**



**C. Régimen bajo**



Nota: la línea oscura de los gráficos representa la senda de las FIR de los traspaos del choque del precio del petróleo. Estas miden el grado de traspaso acumulado de la FXI, es decir, sobre el nivel de la tasa de cambio, condicionado a las respuestas endógenas acumuladas del retorno y la intervención ante el choque. Las dos líneas punteadas representan los intervalos de confiabilidad del 90%, que se obtienen mediante simulaciones tipo *wild bootstrapping* de 20.000 réplicas. En cada uno de los gráficos se reporta también la duración del impacto, calculado como el promedio de los retardos que son significativos ponderados por el valor absoluto de la magnitud de la respuesta.

Fuente: estimaciones de los autores.

