

La Magnitud y Duración del Efecto de la Intervención por Subastas sobre el Mercado Cambiario: El caso Colombiano

Por: Valeria Bejarano-Salcedo  
William Iván Moreno-Jimenez  
Juan Manuel Julio-Román

Núm. 1142  
2020

# Borradores de ECONOMÍA



Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia

# La Magnitud y Duración del Efecto de la Intervención por Subastas sobre el Mercado Cambiario: El caso Colombiano\*

Valeria Bejarano-Salcedo<sup>†</sup>  
William Iván Moreno-Jimenez<sup>‡</sup>  
Juan Manuel Julio-Román<sup>§</sup>

**Las conclusiones y recomendaciones de este escrito son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan la posición del BANCO DE LA REPUBLICA o su JUNTA DIRECTIVA.**

## Resumen

En esta nota hacemos explícitos los problemas más importantes que confrontan los estudios de efectividad y de estimación del efecto de intervenciones esterilizadas, especialmente aquellas que tiene un objetivo implícito sobre el nivel de la tasa de cambio. Estos problemas se solucionan, por lo menos en gran parte, con la utilización de modelos basados en la microestructura del mercado cambiario sobre información de alta frecuencia. Empleando uno de estos estudiamos el efecto de la intervenciones esterilizadas a través de subastas de opciones, en especial las de compra directa, realizadas por el Banco de la República en las últimas décadas. Para esto contamos con información detallada intradía sobre el mercado, las sorpresas contenidas en los anuncios macroeconómicos y las intervenciones. Encontramos que estas intervenciones tienen un efecto pequeño y de corta duración sobre la tasa de cambio. Los resultados sugieren, sin embargo, que la señal fué creíble pero no ambigua en un mercado eficiente. Estos resultados son más marcados para el periodo 2007-2011 que para 2011-2019.

**Palabras Clave:** Intervención del banco central; Tasa de cambio; Microestructura del mercado cambiario. **JEL:** F31; G14; G15; E58.

---

\*Primer borrador para comentarios. Por favor no circular. Los autores están profundamente agradecidos con Diego Alejandro Rojas-Prieto y Laura Viviana León-Díaz del Departamento de Operaciones y Análisis de Mercados, así como con Hernán Rincón-Castro de la Unidad de Investigaciones, todos del Banco de la República por su colaboración con la información y cálculo de las sorpresas macroeconómicas.

<sup>†</sup>vbejaranos@unal.edu.co, Asistente de Investigación, Unidad de Investigaciones, BANCO DE LA REPUBLICA, Bogotá, Colombia.

<sup>‡</sup>wmorenji@banrep.gov.co, Asministrador del sistema de subastas, Departamento de Operaciones y Análisis de Mercados, BANCO DE LA REPUBLICA, Bogotá, Colombia.

<sup>§</sup>jjulioro@banrep.gov.co, Autor corresponsal. Investigador Principal, Unidad de Investigaciones, Subgerencia de Estudios Económicos, BANCO DE LA REPUBLICA y Profesor Asociado de tiempo parcial, Escuela de Economía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C., Colombia.

# The Magnitude and Duration of the Effect of Intervention Through Auctions on the Foreign Exchange Market: The Case of Colombia<sup>§</sup>

Valeria Bejarano-Salcedo<sup>1</sup>  
William Iván Moreno-Jimenez<sup>2</sup>  
Juan Manuel Julio-Román<sup>3</sup>

The conclusions and implications of this paper are the sole responsibility of its authors and do not reflect the views of BANCO DE LA REPUBLICA or its JUNTA DIRECTIVA.

## Abstract

In this paper we explain the most important challenges empirical research on sterilized intervention effect and effectiveness faces, specially when analyzing interventions with implicit rather than explicit exchange rate level targets. These challenges are surpassed, at least for the most part, through the use of foreign exchange market micro-structure based models on high frequency sample information. Employing one of such models, we study the effect of sterilised interventions through auctions of call/put options, mainly direct purchase auctions, performed by Banco de la República during the last decades. To reach this objective, we built a detailed intra-day database on the market, macroeconomic surprises and intervention. We found that these interventions have a small and short lasting effect on the COP/USD exchange rate. Our results suggest, however, that the signal was credible and non ambiguous in an efficient market. These results are stronger for the 2007-2011 sub-sample than the 2011-2019 one.

**Keywords:** Central bank intervention; Exchange rate; FX Market micro-structure.

**JEL:** F31; G14; G15; E58

---

<sup>§</sup>First draft for comments. Please do not circulate. The authors are deeply indebted to Diego Alejandro Rojas-Prieto and Laura Viviana León-Díaz from the Operations and Market Análisis Department, as well as to Hernán Rincon-Castro from the Research Unit, all from Banco de la República for their collaboration with the information and calculation of macroeconomic surprises.

<sup>1</sup>vbejaranos@unal.edu.co, Research Assistant, Research Unit, BANCO DE LA REPUBLICA, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup>wmorenji@banrep.gov.co, Auction Systems Administrator, Operations and Market Análisis Department, BANCO DE LA REPUBLICA, Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup>jjulioro@banrep.gov.co Corresponding Author. Senior Researcher, Research Unit, Economics Research VP, BANCO DE LA REPUBLICA, and part time Associate Professor, School of Economics, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

# 1 Introducción y Motivación

La persistencia de los flujos de capitales recibidos durante las dos últimas décadas por las economías emergentes (EMs), especialmente aquellas que siguen el esquema de Inflación Objetivo (EIO) como Colombia, acentuó sus temores sobre el efecto macroeconómico de estos flujos. De hecho, la adopción del régimen de libre flotación de la tasa de cambio (implícito en el EIO) incrementó las preocupaciones sobre el efecto de flujos persistentes y sus eventuales paradas súbitas sobre el balance de la cuenta corriente, el desempeño del sector transable, la formación de burbujas en los precios de los activos, la deuda externa y la estabilidad financiera. Estas preocupaciones se intensificaron con las fuertes presiones a la apreciación de sus monedas que resultaron tanto de la respuesta del mundo desarrollado a las crisis (financiera internacional y la de la deuda de la zona del Euro), así como de la duradera mejora de los precios del petróleo de los últimos 20 años. Como resultado, uno de los problemas más importantes que enfrentan hoy en día la EMs es “[C]ómo acomodarse a los ciclos de la entrada y salida de capitales y a las presiones sobre la tasa de cambio[?]”, (Fuentes et al., 2014, [pp. 1])<sup>4</sup>.

Las EMs que siguen el EIO han respondido a esta presiones con intervenciones en el mercado cambiario. De acuerdo con (BIS, 2005, pp. 1) estas intervenciones se deben a que las EMs “creen, presumiblemente, que este instrumento es efectivo en las situaciones que confrontan”<sup>5</sup>. Estas situaciones se relacionan, más específicamente, con cuatro razones principales; (i) la acumulación/desacumulación de reservas con el fin de prevenir cambios repentinos de la cuenta de capitales y para dar liquidez a la economía, (ii) la mitigación del riesgo de estabilidad financiera que se deriva de los brotes de volatilidad de la tasa de cambio, (iii) la contención de los efectos inflacionarios que tiene el traspaso (pass-through) a la inflación debido a choques “alta-frecuencia/corto-plazo” a la tasa de cambio, y (iv) la preocupación sobre la competitividad comercial/enfermedad Holandesa que podrían ocasionar “choques más persistentes o choques a la tasa de cambio real”, (Chamon, Hofman, Magud, & Werner, 2019b, pp. 2)<sup>6</sup>.

De manera congruente, el Banco de la República ha intervenido con operaciones de compra y venta esterilizadas de divisas denominadas (i) de acumulación/desacumulación de reservas, (ii) para el control de la volatilidad, (iii) compras directas de divisas, y (iv) intervenciones discrecionales. Las intervenciones para la compra/venta de reservas internacionales, control de la volatilidad y las compras directas se implementaron a través de

---

<sup>4</sup>Traducción de los autores.

<sup>5</sup>Traducción de los autores.

<sup>6</sup>Traducción de los autores.

subastas de compra/venta de opciones call/put. Las intervenciones discrecionales, por su parte, fueron realizadas en el mercado spot de divisas, para las cuales el Banco entró como un agente más en el sistema de negociación de contado.

Sin embargo, parece haber un consenso claro entre los académicos sobre el pequeño y pasajero efecto de la Intervención Esterilizada, IE, como instrumento para el manejo de la tasa de cambio. Esta preocupación no es nueva, tal y como lo demuestra (Mussa, 1981, pp. 2) cuando argumenta que “la intervención pura o esterilizada presumiblemente afecta solo el comportamiento de corto plazo de las tasa de cambio y no tiene un efecto significativo, por si misma, sobre su comportamiento de largo plazo”<sup>7</sup>. Así mismo, (Chamon, Hofman, Magud, & Werner, 2019b, pp. 2) aducen que es evidente que “la intervención juega un papel central en regímenes de tasa de cambio fija. Sin embargo, en un régimen de flotación [...] el rol de la intervención no es tan claro”<sup>8</sup>. Más específicamente estos autores concluyen que “[l]os modelos macroeconómicos estándar no proveen una guía sobre el papel de la intervención [esterilizada]. Si algo, estos sugieren que la intervención no debería impactar a la tasa de cambio - es decir, la intervención no debería tener tracción”. Más recientemente, cuando (Chang, 2019, pp. 205) discute el pequeño y poco duradero efecto de la IE en economías emergentes, argumenta que “[d]esde una perspectiva teórica, esto es difícilmente sorprendente, especialmente cuando los modelos macroeconómicos modernos usualmente predicen que la intervención en el mercado de divisas debería ser irrelevante (Backus & Kehoe, 1989)”<sup>9</sup>. Y de manera similar, (Cavallino, 2019, pp. 36), encuentra que la política óptima de intervención involucra el uso de la política monetaria, lo cual implica que la política óptima debería evitar la esterilización total. Como resultado, la práctica de la IE parece no tener un soporte teórico muy claro bajo el EIO.

Estas observaciones, en conjunto con la evidencia empírica en favor de efectos pequeños y de corto plazo, parecen ser las razones por las cuales las economías desarrolladas realizan IEs con cada vez menos frecuencia. En efecto, (BIS, 2005, pp. 1) mencionan que éste efecto teórico pequeño y pasajero, en compañía de la poca evidencia empírica que lo respalda, son algunas razones por las cuales “los países desarrollados ya no intervienen activamente en el mercado”<sup>10</sup>. Como resultado, de acuerdo con (Menkhoff, 2013) “la intervención en el mercado de divisas es, hoy en día, una problemática en los países emergentes”<sup>11</sup>.

Sin embargo, no todas las IEs están sujetas al mismo nivel de cuestionamiento. Las

---

<sup>7</sup>Traducción de los autores.

<sup>8</sup>Traducción de los autores.

<sup>9</sup>Traducción de los autores.

<sup>10</sup>Traducción de los autores

<sup>11</sup>Traducción de los autores.

menos controversiales son las intervenciones con fines precautelativos y de control de riesgos  
65 como las acumulación/desacumulación de reservas y para proveer liquidez a la economía.  
La IE con el fin de controlar los brotes de volatilidad de corto plazo pueden evitar la crítica  
cuando los mercados son poco desarrollados e incapaces de administrar estos brotes. Una  
de las principales razones por las que estas IEs pueden ser sujeto de poco cuestionamiento  
es que pretenden cumplir su objetivo minimizando su efecto sobre el nivel de la tasa de  
70 cambio. Este hecho las hace muy diferentes de las IEs que pretenden contrarrestar el efecto  
sobre la inflación y la competitividad comercial, las cuales implicarían objetivos sobre la  
TC.

De la misma forma, la IE puede acarrear costos para la economía. Efectivamente,  
(Hofman et al., 2020, pp. Sec IV) señalan que además de los “costos operativos relacionados  
75 con la esterilización y tenencia de las reservas”, también hay otros costos como el de  
incrementar la vulnerabilidad ante crisis cuando la IE implica la reducción de las reservas.  
Finalmente, otro costo asociado a las intervenciones, especialmente aquellas que implican  
objetivos, implícitos o explícitos, sobre el nivel de la tasa de cambio es la reducción de la  
credibilidad de la política monetaria.

80 Por otra parte, se entiende que la intervención esterilizada podría tener efecto sobre  
la tasa de cambio a través de alguno de cuatro canales; el de rebalanceo de los portafolios  
privados, el de señales, el de coordinación y el de microestructura. Bajo el canal de  
rebalanceo de portafolios, las compras esterilizadas de divisas de un banco central alteran  
la composición tanto de su portafolio como el de los agentes privados en términos de sus  
85 tenencias de reservas en moneda extranjera y bonos denominados en moneda local. La  
subsecuente re-valoración de los portafolios privados lleva a una depreciación que surge  
del hecho que estas inversiones no son substitutas perfectas y de que no se cumple la  
equivalencia Ricardiana. En este canal las fricciones o cualquier otro factor que reduzca  
la sustituibilidad de la moneda extranjera y los bonos podría intensificar el efecto de  
90 la intervención. Véase (Branson & Henderson, 1985), (Weber, 1986), (Edison, 1993) y  
(M. P. Taylor & Sarno, 2001), por ejemplo.

En el canal de señales el banco central usa la intervención para comunicar infor-  
mación acerca del valor futuro de fundamentales. Bajo el supuesto de que el banco central  
posee y comunica información privilegiada acerca del comportamiento futuro de los funda-  
95 mentales, el cual implicaría un cambio en la postura de la política monetaria, los agentes  
reaccionarían a la intervención generando una apreciación/depreciación contemporánea del  
valor de la moneda local. Sin embargo, este canal podría funcionar solamente si la señal  
y/o el banco central son creíbles, independientemente del hecho que la autoridad cambie  
su postura monetaria cuando el anuncio así lo implique. Véase (Mussa, 1981), (Edison,

100 1993), (K. M. Dominguez & Frankel, 1993) y (M. P. Taylor & Sarno, 2001), por ejemplo.

El canal de coordinación, por su parte, surge del hecho que la tasa de cambio también responde a choques no fundamentales, siendo estos la causa de su “desalineamiento”. Bajo estas circunstancias, la intervención del banco central actúa como una señal que coordina las acciones de los inversionistas temerosos de apostar a un movimiento hacia el alineamiento de la tasa de cambio porque sospechan que este es persistente. De esta manera, la señal del banco central haría que estos inversionistas apostaran en conjunto hacia la alineación. Véase (M. Taylor, 1994) y (Fatum, 2015), por ejemplo.

En el canal de microestructura el banco central saca provecho de la señal que transmite la administración del inventario de moneda extranjera, flujo de órdenes, de los creadores de mercado. Los agentes del mercado, como resultado, observarán en esta intervención al flujo de órdenes el movimiento de un cuasi fundamental, no la intervención del banco central, y tomarán posiciones en favor de este movimiento. De esta manera, un banco central que interviene por este canal prefiere mantener secreta su intervención utilizando a un intermediario que ha jurado mantener el secreto. Véase (Archer, 2005), por ejemplo.

A pesar de la poca evidencia teórica en favor de la intervención, algunos autores sugieren que esta podría tener un efecto más grande en economías en desarrollo que en desarrolladas. De hecho, en países emergentes la sustituibilidad entre la moneda extranjera y los bonos locales podría ser menor, lo cual acentuaría el efecto del canal de rebalanceo de portafolios. De manera similar, el hecho que los bancos centrales de países emergentes posean una mayor cantidad de reservas en conjunción con mercados poco profundos les permitiría tener un nivel más alto de apalancamiento para sus intervenciones. Véase (Menkhoff, 2008) y (Menkhoff, 2013), por ejemplo. Por otra parte, las fricciones en mercados de países emergentes podrían ser más intensas, lo cual podría, bajo circunstancias muy particulares acrecentar el efecto de la intervención como en (Vargas, González, & Rodríguez, 2013), (Benes, Berg, Portillo, & Vavra, 2015), (Montoro & Ortiz, 2016) y (Cavallino, 2019), por ejemplo.

Más recientemente, sin embargo, se ha mostrado que tener en cuenta estas fricciones también puede mostrar el origen del pequeño y poco duradero impacto de la intervención como lo demuestra (Chang, 2019). Este autor concilia el pequeño y poco duradero efecto de la intervención que aparece en la literatura empírica con el incremento de la tracción de la intervención debido a las fricciones. Esto lo logra al proponer que las fricciones son rara vez restrictivas y, cuando esto ocurre, se observan los efectos de la intervención. Cuando las fricciones no son restrictivas, es decir la mayoría del tiempo, la intervención no tiene efecto. De esta manera, no resulta muy claro el hecho que la intervención tenga mayor

135 tracción en economías en desarrollo siempre y bajo cualquier circunstancia.

Adicionalmente, existen otras razones por las cuales los bancos centrales de EMs se inclinan por IEs. En su muy reciente trabajo (Hofman et al., 2020, pp. 4), reportan dos posibles razones para la insistencia de las EMs en la intervención. La primera es que la “estabilización macroeconómica podría ser más difícil en EMs que en economías  
140 desarrolladas” debido a que las primeras “tienen un sistema financiero menos desarrollado y una mayor exposición a los choques externos que las desarrolladas”. Y la segunda, es que en EMs la tasa de cambio puede dejar de ser una variable que amortigua los choques, para convertirse en una amplificadora de estos cuando “el canal de transmisión financiero domina al de la competitividad. véase por ejemplo (Serena & Sousa, 2017)”<sup>12</sup>.

145 Bajo estas circunstancias la evidencia empírica toma mayor importancia, pero su levantamiento está plagado de importantes problemas econométricos. El estudio de la efectividad de la intervención es un caso de lo que recientemente se denomina en econometría como *evaluación de impacto* o tradicionalmente en estadística como *inferencia causal*, (Rubin, 1974), (Angrist & Pischke, 2009) y (Imbens & Wooldridge, 2009). En este caso particular  
150 la identificación del efecto a estimar y el modo de inferencia estadística imponen serios retos econométricos que todo trabajo empírico sobre intervención debe resolver<sup>13</sup>. El primero, y más severo, es la ausencia de un contrafactual que permita identificar el comportamiento de la tasa de cambio en periodos de no intervención o (muestra de control), para compararlo con el del periodo durante y después de la intervención (o muestra de tratamiento).  
155 El segundo es que en frecuencias de medición más bajas que intradía la intervención no es un regresor predeterminado y se genera el conocido sesgo (negativo) de simultaneidad. Sin embargo, la intensidad de los dos problemas anteriores se reduce en la medida que la frecuencia de medición se incrementa. Esto hace que sea más factible estimar el efecto y determinar la efectividad de la intervención en frecuencias microeconómicas (es decir  
160 intradía), que en las macroeconómicas en las que está interesado el banco central (como las mensuales, trimestrales o inferiores). Con esto, la medición de la persistencia del efecto de la intervención toma gran importancia. Esto último es problemático dada la naturaleza del proceso estocástico que determina la tasa de cambio. En lo que sigue exploramos en detalle estas problemáticas.

165 Como primera medida, la ausencia de un contrafactual que explique la dinámica de

---

<sup>12</sup>Traducción de los autores.

<sup>13</sup>De acuerdo con (Angrist & Pischke, 2009), el éxito de este tipo de estudios se resume en la respuesta a cuatro preguntas; i) cuál es la relación causal bajo análisis?, ii) cuál sería el experimento “ideal” que respondería dicha pregunta?, (iii) cuál es la estrategia de identificación del efecto causal deseado? y (iv) cuál es el modo de inferencia estadística que implica esta estrategia?



la tasa de cambio es un hecho estilizado de la tasa de cambio al que no se ha prestado mucha atención en la literatura empírica. El efecto de ignorar esta falencia es que se incrementa la probabilidad de confusión, *confounding*, del efecto de la intervención con el de las otras variables o factores (los “verdaderos” determinantes de la tasa de cambio).  
170 Como resultado, se engendra el sesgo por la omisión de dichos determinantes. Con respecto a la ausencia de contrafactual, vale la pena destacar los siguientes tres puntos. Primero, los trabajos pioneros de (Rogoff & Meese, 1981), (Rogoff & Meese, 1983) y (Meese & Rogoff, 1983) y más recientemente (Cheung, Chinn, Pascual, & Zhang, 2017) mostraron que los pronósticos de los modelos convencionales para la tasa de cambio no son superiores a los de una caminata aleatoria<sup>14</sup>. Segundo, la carencia de un contrafactual para la tasa de cambio que permita identificar el efecto de la intervención es omitido en la mayoría de trabajos empíricos, por ejemplo en las compilaciones de (Chamon, Hofman, Magud, & Werner, 2019a) y (BIS, 2005). Finalmente, esta preocupación se ha hecho explícita en trabajos influyentes. Por ejemplo, (K. M. E. Dominguez, 2006, pp. 1052) menciona que, “[p]or  
180 supuesto, los modelos para la determinación de la tasa de cambio tienen dificultades para explicar (frecuentemente la ausencia) de reacción de la tasa de cambio a cualquier tipo de información fundamental, sugiriendo que valdría la pena re-examinar los modelos estándar antes de sacar conclusiones con respecto a la efectividad de las intervenciones”<sup>15</sup>. Así mismo, (Sarno & Taylor, 2003, pp. 136) mencionan que “el trabajo empírico sobre la tasa  
185 de cambio no ha producido modelos que sean suficientemente satisfactorios desde el punto de vista estadístico para ser considerados confiables y robustos, ya sea dentro de la muestra o para pronósticos fuera de esta”<sup>16</sup>.

Sin embargo, pareciera que los estudios basados en la microestructura del mercado cambiario pueden dar solución, por lo menos en una buena parte, al problema de  
190 la ausencia de contrafactual, (K. M. E. Dominguez, 2006, pp. 1052). De acuerdo con (K. M. E. Dominguez, 2003) “una posible explicación al inadecuado desempeño empírico de los modelos estándar para la tasa de cambio es que hacen poco énfasis en la micro estructura del mercado de divisas”<sup>17</sup>. Los modelos de microestructura vienen en dos cepas; los que se basan en el flujo de información que reciben los agentes heterogéneos que negocian  
195 en el mercado, (K. M. E. Dominguez, 2006, Secc. 2), y los que se originan en los cambios de los inventarios, flujo de órdenes, de moneda extranjera de los intermediarios del mercado cambiario, (Lyons, 2006). Para analizar el efecto de la intervención, los primeros se imple-

---

<sup>14</sup>(Cheung et al., 2017) actualizaron y ampliaron substancialmente los modelos, datos y monedas en un análisis similar, confirmando los resultados anteriores.

<sup>15</sup>Traducción de los autores.

<sup>16</sup>Traducción de los autores.

<sup>17</sup>Traducción de los autores.

mentan fácilmente a través de análisis de eventos y los segundos a través de la relación de los inventarios y la intervención con los precios presentes y futuros del mercado.

200 El problema de la no predeterminación de la intervención es ampliamente discutido en la literatura sobre intervención, (Kearns & Rigobon, 2002) por ejemplo. El resultado de ignorar la endogeneidad de la intervención es que su efecto estimado tiene un sesgo negativo, (Chamon, Hofman, Lanau, Rawat, & Vari, 2019). Este problema se ha solucionado de diferentes maneras. Primero, se podrían incluir variables instrumentales, revirtiendo el  
205 problema a la consecución de instrumentos válidos. El resultado de este enfoque ha sido limitado, especialmente en los preferidos estudios de alta frecuencia, debido a la ausencia de instrumentos válidos(Chamon, Hofman, Magud, & Werner, 2019b, pp. 44), por ejemplo. Segundo, se puede estimar la segunda ecuación de sistema, la función de reacción, que explica el monto o la probabilidad de intervención. Este enfoque presenta su propio conjunto  
210 de dificultades econométricas como la omisión de variables sobre las preferencias de las autoridades, es decir información privada, y sobre la variación de estas preferencias ante los diferentes estados del mercado. Una tercera estrategia consiste en utilizar el andamiaje de técnicas de evaluación de impacto como el diseño de regresiones discontinuas, los puntajes de propensión, la introducción de cambios exógenos a la estrategia de intervención, etc.  
215 Sin embargo, la adaptación de estos métodos requiere de trabajo substancial. Finalmente, se puede utilizar algún tipo de identificación tipo VAR que podría ser poco efectivo si las observaciones son de baja frecuencia.

Con las recientes facilidades para obtener información de alta frecuencia, una solución popular entre distintos investigadores es la utilización de modelos para estas frecuen-  
220 cias. De hecho, la correlación entre la tasa de cambio observada y la intervención se reduce substancialmente para mediciones intradía, en comparación con diaria o inferior, (K. M. E. Dominguez, 2003) y (K. M. E. Dominguez, 2006). Esta solución, desafortunadamente, no estaba disponible para los investigadores iniciales de la intervención, y fué solo hasta que diversas instituciones publicaron información intradía que esta estrategia  
225 tomó popularidad. Como resultado, los modelos con frecuencia intradía basados en la microestructura del mercado tienen importantes ventajas con respecto a otros para frecuencias inferiores.

Adicionalmente, el analisis de la efectividad de intervenciones que persiguen una meta bien definida o las que se realizan bajo reglas puede reducir el efecto, no tanto de la ausencia  
230 del contrafactual, como el de la no predeterminación más fácilmente. Por ejemplo, (Fatum & Hutchison, 2010) reportan la importancia del contrafactual y evalúan la efectividad de la

intervención Japonesa a través de la técnica de puntaje de propensión, “propensity score”<sup>18</sup> De manera similar, (Kuersteiner, Phillips, & Villamizar-Villegas, 2018) aprovechan el hecho que las intervenciones Colombianas que analizan se sujetan a una regla con un corte  
235 agudo para implementar un diseño de regresión con discontinuidad, *Regression Discontinuity Design*. Vale la pena resaltar que la adaptación de estos, y otros, métodos de *evaluación de impacto* proveen un contrafactual cuya validez depende de su consistencia teórica, que en este caso se traduce en utilizar mediciones de alta frecuencia y modelos basados en la microestructura. Véase también (Weber, 1986), por ejemplo.

240 Como resultado, los modelos con base en la microestructura del mercado de divisas que se basan en mediciones intradía parecen tener importantes ventajas para la estimación del efecto y el análisis de la efectividad de la intervención. En efecto, no hay duda en macroeconomía que los fundamentales son los determinantes más importantes de la tasa de cambio. Esta apreciación es utilizada en los modelos de la microestructura del flujo de  
245 información del mercado, (K. M. E. Dominguez, 2003) y (K. M. E. Dominguez, 2006), por ejemplo, para formular su ecuación de análisis de eventos que describe la manera como agentes heterogéneos perciben y transfieren a los precios las sorpresas que contienen las publicaciones de las cifras de los fundamentales, entre ellos la intervención. Sin embargo, el hecho que los modelos tradicionales basados en fundamentales, en frecuencias macroe-  
250 conómicas no tengan poder de predicción, implica la existencia de fuerzas no fundamentales que determinan el comportamiento de la tasa de cambio. Esta es la base de los modelos de microestructura de los inventarios de moneda extranjera, más conocidos como flujo de órdenes.

Sin embargo, uno de los denominadores comunes de estos tipos de modelos es que  
255 tiene alguna capacidad de explicación y predicción de la tasa de cambio en frecuencias altas, la cual se deteriora en la medida que la frecuencia de medición se reduce. Esta reducción del poder explicativo se debe a dos razones; i) el grado de dependencia de los movimientos de la tasa de cambio sobre sus fundamentales es inversamente proporcional a la frecuencia de muestreo, y (b) la volatilidad de la tasa de cambio es inversamente proporcional a la  
260 frecuencia de medición. Como resultado, los preferidos modelos de microestructura tienen la desventaja de comportarse adecuadamente solo en alta frecuencia, precisamente en los

---

<sup>18</sup>Traducción de los autores.

El procedimiento utilizado por estos autores consiste de dos pasos. En el primero se estima una función de probabilidad de reacción en términos de un logit, es decir el puntaje de propensión de intervención. En el segundo, se utiliza un procedimiento de vecino más cercano, “nearest neighbor”, para combinar días de intervención con días de no intervención de acuerdo con el puntaje de propensión. Una vez realizado esto, se compara el efecto promedio del tratamiento. Para esta propuesta la función de probabilidades de reacción se puede estimar adecuadamente debido a que se conoce la meta de tasa de cambio que persigue el banco central.

que la autoridad monetaria no está interesada.

A pesar de esto, cuando se combinan este tipo de modelos y 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. En efecto, la hipótesis de mercados eficientes postula que los “precios reflejan completamente toda la información disponible” a los agentes, (Fama, 1995). Bajo estas circunstancias, el efecto de la intervención sobre la tasa de cambio se registra con un rezago muy pequeño, si alguno, lo cual descarta la existencia de efectos rezagados de la intervención. Por otra parte, el hecho que la tasa de cambio posea una raíz unitaria implica que la intervención tiene efecto permanente sobre esta y que el efecto no es rezagado. Como resultado el tamaño del efecto de largo plazo de la intervención se puede identificar en los modelos con base en la microestructura del mercado sobre datos de alta frecuencia y el efecto de la intervención sobre la TC sería un escalón.

La duración del efecto, sin embargo, es muy difícil de estimar. Como lo mencionan (Chamon, Hofman, Lanau, et al., 2019, PP.49) “cualquier impacto estimado [de la intervención] será eventualmente sobrepasado por esa [creciente] incertidumbre”<sup>19</sup>. En efecto, es un hecho estilizado del proceso de TC que la incertidumbre sobre la función de respuesta a impulsos se incrementa más que linealmente con el horizonte.

No tener en cuenta las dificultades econométricas que implica el estudio del efecto y efectividad de las IEs puede ser el origen de resultados tan diversos en EMs. Efectivamente, las compilaciones (Chamon, Hofman, Magud, & Werner, 2019b) y (BIS, 2005), entre las muchas otras sobre la efectividad y efecto de la intervención en EMs, muestran un espectro muy amplio de resultados que va desde IEs no efectivas ni duraderas hasta precisamente lo contrario. La falta de atención a los aspectos metodológicos, especialmente la discusión del contrafactual puede ser el origen de dichas disparidades. Como resultado, las conclusiones de estos trabajos se deben ponderar por la atención que los investigadores prestan a las problemáticas mencionadas.

En adición a la discusión sobre la econometría de la IE, en este trabajo estimamos la magnitud y duración del efecto de las IEs que realizó el Banco de la República a través de subastas en el mercado cambiario entre 2006 y 2019. El BR realizó compras directas discrecionales, tanto pre-anunciadas como no anunciadas, en el mercado *spot* de divisas, las cuales fueron objeto de estudio de (Fuentes et al., 2014).

Debido al hecho que las IEs para la acumulación / desacumulación de reservas no presentan mayor controversia y las de control de volatilidad se realizan bajo una regla

---

<sup>19</sup>Traducción de los autores

295 bien definida, hacemos especial énfasis en las compras directas<sup>20</sup>. Más específicamente, estudiamos el efecto de las IEs de compra directa sobre la tasa de cambio, el volumen negociado (*turnover*) en el mercado, la volatilidad de los retornos de la tasa de cambio y el diferencial entre las mejores ofertas de venta y compra, *bid/ask spread*. Para esto, distinguimos dos momentos que resultan del flujo de información desde el BR a los agentes del mercado cambiario; el inicio de la sesión del día en el cual se realiza la subasta y el momento de su ejecución.

Para cumplir con los objetivos de este trabajo construimos tres bases de datos con diferente frecuencia de medición intradía. Esta partición de la muestra obedece al hecho que la profundidad del mercado se ha incrementado notablemente durante el periodo bajo análisis y mantener una base única llevaría a la pérdida de información más reciente.

305 Siguiendo a (K. M. E. Dominguez, 2003) y (K. M. E. Dominguez, 2006) este estudio enfatiza el papel de la microestructura del mercado de divisas, es decir los flujos de información intradía que guían las decisiones de los agentes, *traders*, del mercado *spot* de divisas. Como resultado, realizamos un estudio de eventos que nos permite estimar el efecto de la intervención en las diferentes características del mercado.

La evidencia encontrada en este trabajo sugiere que la IE por subastas de opciones de compra directa tiene un efecto muy limitado y de corto plazo sobre la TC. Efectivamente, nuestros resultados indican que se necesitaría un intervención de varios miles de millones USD para lograr una depreciación del Peso del orden de 1%. Por otra parte, este resultado parece sugerir que el canal de rebalanceo de portafolios opera muy poco, si algo. A su vez, si esta intervención se transmitiera a través del canal de señales o el de coordinación, el bajo efecto de la intervención se explicaría por una baja credibilidad de la señal o del banco central, o por ambigüedad en la primera.

320 Sin embargo, la reducción de la volatilidad parece sugerir que la señal no es ambigua, es creíble y que el mercado es eficiente. En efecto, de acuerdo con (K. M. Dominguez, 1998), los resultados sobre el incremento temporal de los retornos en compañía de la reducción de su volatilidad indica la presencia de una señal precisa además de creíble en un ambiente de eficiencia.

Esta reducción de la volatilidad viene acompañada, como es de esperarse, de incrementos en el *turnover* del mercado. Sin embargo, las reducciones del *bid/ask spread* se observan más claramente al inicio de la sesión que alrededor de la subasta, resultado no del todo consistente con la respuesta de la volatilidad y el turnover.

---

<sup>20</sup>Los resultados sobre las intervenciones a través de subastas de opciones *call/put* para la acumulación o desacumulación de reservas y para el control de volatilidad están disponibles de los autores.

Este trabajo aporta a la literatura sobre la estimación del efecto de la intervención cambiaria de dos maneras distintas. Por una parte, hacemos especial énfasis en la necesidad de identificar el efecto a estimar, es decir justificar la elección del contrafactual. Y segundo, estudiamos el efecto de las IEs a través de subastas.

Aparte de esta corta introducción este escrito se distribuye de la siguiente manera. La segunda sección contiene la descripción de los datos. En la tercera se detalla la estrategia empírica empleada para la evaluación del efecto de las IEs por subastas de opciones de compra directa. En la cuarta se muestran los resultados. Y en la quinta y última se concluye y se realizan algunas consideraciones finales.

## 2 Datos

Para cumplir con los objetivos de este trabajo construimos tres bases de datos con diferente frecuencia de medición intradía. Esta partición de la muestra obedece al hecho que la profundidad del mercado se ha incrementado notablemente durante el periodo bajo análisis. Así las cosas, mantener una única base acarrea la pérdida de información reciente. La primera muestra consiste de 8.521 intervalos intradía de 10 minutos que cubre el periodo Ene-2006 a Dic-2008, la segunda consta de 43.050 intervalos intradía de 7 minutos para el periodo May-2007 a Nov-2011, mientras que la tercera incluye 125.641 intervalos de 5 minutos entre Ene-2011 y Oct-2019<sup>21</sup>. Estas bases de datos contienen registros sobre precios, mejores ofertas de venta y compra (*bid/ask*), así como el volumen transado, *turnover*, en el mercado *spot*, al final de los correspondientes intervalos. A esta se adicionaron los montos de intervención, al igual que las sorpresas contenidas en los anuncios macroeconómicos en el momento de su publicación y el impuesto implícito en los controles de capitales de la muestra 2007-2011 utilizados en (Fuentes et al., 2014).

Los datos intradía sobre los precios de los cierres *spot*, las mejores ofertas de compra y venta, *bid / ask*, y el monto negociado en el mercado *spot* se obtuvieron de la siguiente manera. El límite superior del primer intervalo de la sesión fué a las 8:10, 8:13 y 8:05 AM para las muestras de 2006-2008, 2007-2011 y 2011-2019, y sus amplitudes fueron de 10, 7 y 5 minutos, respectivamente. Si una o varias negociaciones cierran exactamente sobre el límite superior del intervalo considerado, se toma el precio promedio ponderado como la TC del límite superior del intervalo. En caso contrario se toma el promedio de las negociaciones anterior y posterior más cercanas ponderadas por su distancia al límite superior del intervalo. Para este trabajo, al igual que en (Fuentes et al., 2014), la elección

---

<sup>21</sup>La segunda de estas fue utilizada por (Fuentes et al., 2014).

360 de la amplitud de los intervalos se realizó minimizando la pérdida de datos y maximizando la calidad de las aproximaciones empleadas. Los datos de las mejores ofertas *bid / ask*, por su parte, se obtuvieron muestreando el proceso de tiempo continuo que las definió, excepto, eventualmente, para el límite superior del primer intervalo de la sesión cuando la primera punta apareció posteriormente. En este caso se aproximó este valor con la primera oferta  
365 del mercado. Finalmente, el *turnover* del mercado es la suma de los volúmenes negociados durante este<sup>22</sup>.

Los montos de las intervenciones ocurridas en cada intervalo, por su parte, se ubicaron en el límite superior del intervalo y se sumaron sus montos en caso que hayan ocurrido dos o más intervenciones del mismo tipo en el intervalo. Este mismo procedimiento se utilizó  
370 para las sorpresas macroeconómicas, excepto cuando estas ocurrieron en horas fuera del mercado, en cuyo caso se ubicaron en el límite superior del primer intervalo de la sesión siguiente.

El Banco de la República realizó las IEs a través del módulo de subastas de su sistema SEBRA. Su operatividad, en términos de los elementos requeridos para este trabajo son  
375 (i) el día anterior a la subasta el mercado adquiere la certidumbre sobre su realización, (ii) la subasta se anuncia un tiempo muy corto antes de su ejecución, y (iii) la subasta tiene un tiempo corto para recibir, modificar y confirmar o denegar las ofertas, los resultados se publican un tiempo muy corto después del cierre de las ofertas.

## 2.1 Distribuciones de los Retornos de la Tasa de Cambio

380 Las Tablas 1 y 2 resumen las distribuciones de los retornos,  $R_{t,n} = \ln(Y_{t,n}) - \ln(Y_{t,n-1})$ , de los intervalos correspondientes para las muestras 2007-2011 y 2011-2019 respectivamente.

La distribución de los retornos para la primera muestra sugiere un efecto muy reducido de la intervención sobre los retornos, y más pronunciado sobre su volatilidad, asimetría y curtosis. En efecto, el retorno medio en periodos de control es ligeramente inferior al de los de intervención, el cual resulta ser igual al de compra directa. Esa diferen-  
385 cia se desvanece cuando se comparan los retornos medianos respectivos. De igual manera, la volatilidad de los retornos resulta ser ligeramente superior en los intervalos de control en comparación de no intervención y de IE por compra directa. Sin embargo, la intervención cambia de dirección la asimetría en los intervalos de intervención y de intervención por  
390 compras directas, lo cual viene acompañado de una disminución a la mitad de la curtosis

---

<sup>22</sup>Para garantizar la calidad de la información, los días de operación con poca información, como por ejemplo los 30s de Diciembre, fueron excluidos de la muestra independientemente de la realización de IEs.

con respecto a los intervalos de no intervención.

Tabla 1: Distribución de los Retornos de la TC en Cada Intervalo intradía entre los Distintos Tipos de Intervención (2007-2011)

Muestra	Media	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de asimetría	Curtosis
No Intervención	4.55E-06	1.36E-06	1.22E-03	-8.32E-02	16.24
Intervención	1.59E-04	9.70E-05	1.03E-03	1.79E-02	7.99
Call Control.Volat	3.47E-05	-2.79E-04	1.63E-03	5.21E-01	-0.70
Put Acum. Reservas	-1.59E-04	9.11E-05	5.49E-04	-1.62E+00	
Put Control.Volat	1.61E-04	2.03E-04	1.15E-03	-9.25E-01	1.57
Compra directa	1.63E-04	9.92E-05	1.02E-03	3.24E-02	8.86

Para la muestra 2011-2019, por su parte, la intervención tiene un efecto muy ligero sobre los retornos medios y medianos, y afecta más marcadamente su volatilidad, simetría y curtosis. En efecto, los retornos medio y mediano bajo IE y por compra directa son <sup>395</sup> ligeramente superiores a los de control. Sin embargo, la volatilidad bajo IE es cerca de la mitad de la registrada en intervalos de control. La asimetría, a su vez, se incrementa de manera importante mientras que la curtosis se reduce notoriamente como efecto de la IE y de las compras directas.

Tabla 2: Distribución de los Retornos de la TC en Cada Intervalo intradía entre los Distintos Tipos de Intervención (2011-2019)

	Media	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de asimetría	Curtosis
Intervención	1.46E-04	7.40E-05	5.69E-04	3.42	28.68
No Intervención	3.69E-06	0.00E+00	9.23E-04	0.44	101.03
Call Acum. Reservas	-1.58E-03	-1.58E-03			
Put Acum. Reservas	-9.47E-05	-9.93E-05	3.28E-04	-1.28	3.24
Compra directa	1.51E-04	7.51E-05	5.68E-04	3.51	29.18



## 2.2 El Volumen Negociado, *Turnover*

400 Las Tablas 3 y 4 resumen la distribución del *turnover* en cada intervalo intradía entre los diferentes tipos de intervención para las muestras 2007-2011 y 2011-2019, respectivamente.

Tabla 3: Distribución del Monto Negociado en Cada Intervalo intradía, *Turnover*, entre los Distintos Tipos de Intervención (2007-2011)

Muestra	Media	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de asimetría
No intervención	14,963,571	10,700,000	14,388,537	2.28
Intervención	30,201,306	29,250,000	16,202,571	0.73
Call Control. Volat	11,301,250	9,695,000	8,331,955	0.64
Put Acum. Reservas	10,073,333	12,500,000	4,633,944	-1.71
Put Control. Volat	16,854,286	11,625,000	15,368,727	1.03
Compra directa	31,152,243	29,750,000	15,905,850	0.77

La Tabla 3 sugiere un efecto importante de las compras directas sobre el monto negociado en la muestra 2007-2011. En efecto, el *turnover* medio en los intervalos cuando se realiza algún tipo de intervención se duplica con respecto a los intervalos cuando no hay  
405 IE. Además, el *turnover* mediano prácticamente se triplica con respecto a los intervalos de control. Este incremento, medio y mediano, se debe específicamente a las compras directas.

El incremento del *turnover* para esta época se logra con un incremento moderado de su volatilidad. En efecto, la volatilidad del *turnover* se incrementó solo en 12% en los intervalos de intervención con respecto a la de los de control.

410 Por su parte, la Tabla 4 no sugiere un efecto importante de las compras directas sobre el *turnover* entre 2011 y 2019. En efecto los montos negociados tanto medios como medianos en los intervalos de control, intervención y cuando se ejecutaron compras directas son muy similares. Esto ocurre en un ambiente en que la volatilidad de los volúmenes negociados es similar cuando hay compras directas en comparación con los intervalos de control.

## 415 2.3 El Diferencial de las Mejores Ofertas de Venta y Compra, *Bid/Ask Spread*

Las Tablas 5 y 6 detallan las distribuciones de los *bid / ask spread*, para las dos submuestras, respectivamente.

Tabla 4: Distribución del Monto Negociado en Cada Intervalo intradía, *Turnover*, entre los Distintos Tipos de Intervención (2011-2019)

Muestra	Media	Mediana	Desviación estándar	Coefficiente de asimetría
Intervención	15,969,093	12,000,000	14,469,669	2.70
No intervención	16,104,832	12,500,000	13,777,818	1.88
Call Acum. Reserv.	4,300,000	4,300,000		
Put Acum. Reserv.	13,930,625	11,625,000	10,008,065	0.61
Compra directa	16,007,365	12,000,000	14,517,528	2.70

420 Para la muestra 2007-2011 la intervención reduce el *spread* medio y mediano, su volatilidad, asimetría y curtosis. En efecto, las columnas 2 y 3 de la Tabla 5 muestran que la intervención reduce el *spread* promedio y mediano en un 20% bajo IE y compras directas. Las columnas 4 y 5, por su parte, revelan una reducción marcada de la volatilidad y curtosis del diferencial bajo intervención. Finalmente, la asimetría del *spread* se reduce substancialmente durante los intervalos de intervención.

Tabla 5: Distribución del Diferencial de las Mejores Ofertas de Venta y Compra, *Bid / Ask Spread*, entre los Distintos Tipos de Intervención (2007-2011)

Muestra	Media	Mediana	Desviación estándar	Curtosis	Coefficiente de asimetría
No Intervención	1.45	1.00	6.35	32473.65	172.49
Intervención	1.27	0.80	1.26	4.39	2.06
Call Control.Volat	3.74	3.91	1.60	-0.31	-0.86
Put Acum. Reservas	1.48	1.50	0.53		-0.14
Put Control.Volat	1.81	1.44	1.15	0.28	0.74
Compra directa	1.20	0.75	1.21	5.58	2.25

425 Las distribuciones de la Tabla 6 muestran un comportamiento similar a la anterior. En efecto, las columnas 2 a 6 de esta tabla muestran reducciones importantes de las diferentes características de la distribución bajo IE y compras directas en comparación con los intervalos de control.

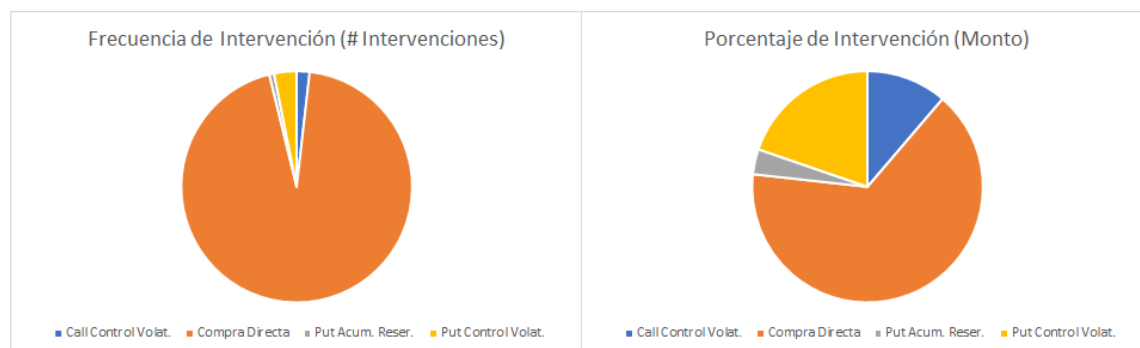
Tabla 6: Distribución del Diferencial de las Mejores Ofertas de Venta y Compra, *Bid / Ask Spread*, entre los Distintos Tipos de Intervención (2011-2019)

Muestra	Media	Mediana	Desviación estándar	Curtosis	Coefficiente de asimetría
No intervención	1.19	0.90	1.04	70.87	3.76
Intervención	0.55	0.45	0.44	28.15	0.97
Call Acum. Reservas	1.70	1.70			
Put Acum. Reservas	1.12	0.85	0.85	3.59	1.80
Compra directa	0.55	0.45	0.43	30.51	0.83

## 2.4 Las Intervenciones

430 Las Figuras 1 y 2 muestran la distribución de los diferentes tipos de intervención realizados para las muestras 2007-2011 y 2011-2019, respectivamente. El panel izquierdo de estas Figuras muestra que por mucho las distribuciones más frecuentes son las compras directas, siendo el 95% y 98% de las intervenciones, respectivamente.

Figura 1: Distribución del Total de Intervención (2007-2011)

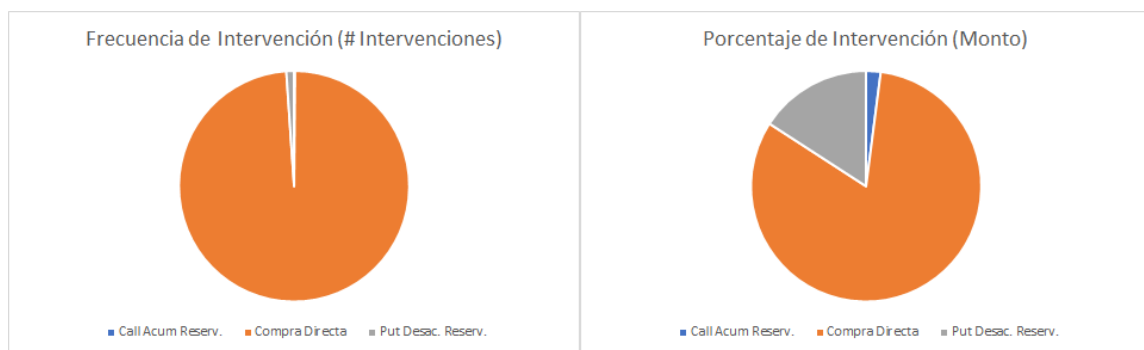


*Fuente:* Cálculos de los autores

435 Las IEs por compra directa también constituye la mayor parte del monto intervenido durante los dos periodos. El panel de la Figura 1 muestra que 2007-2011 este tipo de intervención alcanzó un 65% del total intervenido, mientras que el de la Figura 2 muestra que esta alcanzó un 82% del total intervenido en esa época.

Estas frecuencias de intervención están de acuerdo con una intervención frecuente y

Figura 2: Distribución del Total de Intervención (2011-2019)



Fuente: Cálculos de los autores

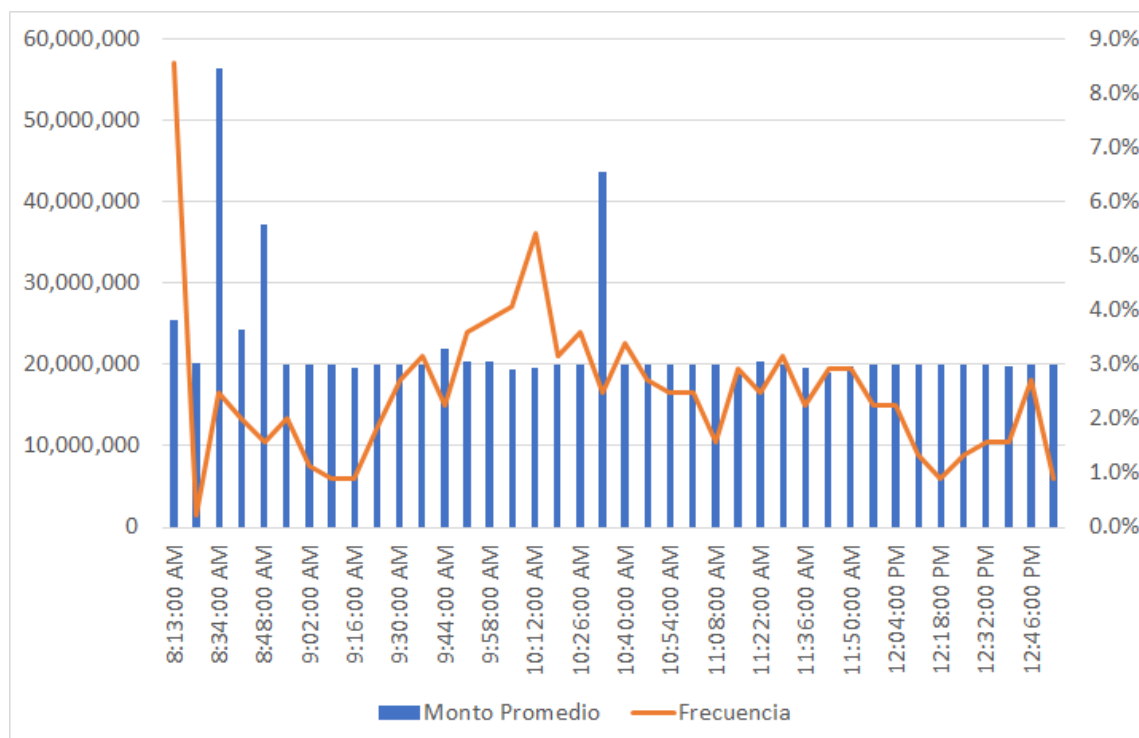
de montos pequeños, tal como lo revelan la distribución promedio intra-diaria de IE entre  
 440 2007 y 2011 de la Figura 3 y la distribución promedio intra-diaria por compra directa de la  
 Figura 4, 2011-2019. En promedio las intervenciones fueron de de 20 millones USD, cupo  
 que se asignó en promedio, estrictamente, para la primera muestra. La segunda muestra,  
 a su vez, refleja el hecho que el cupo no asignado de intervención en un día incrementó el  
 cupo de la sesión siguiente. Por otra parte, se observa que los montos promedio asignados  
 445 a distintas horas no difieren substancialmente.

Sin embargo, el BR prefiere intervenir en momentos con mayor liquidez. En efecto,  
 durante 2007-2011 la frecuencia de intervención entre las 9:45 AM y las 10:30 AM es  
 marcadamente más alta que durante el resto de la jornada. Para el periodo 2011-2017,  
 por su parte, este intervalo se extendió, 8:40 AM a 11:30 AM. Así mismo, la frecuencia  
 450 de intervención en momentos de baja liquidez, es decir al inicio y final de la sesión es  
 substancialmente menor.

### 3 Estrategia Empírica

Estimamos los efectos de la IE a través de modelos de análisis de eventos. A pesar de  
 que este método fue implementado inicialmente para el estudio de intervenciones individ-  
 455 uales, usualmente de gran tamaño, (K. M. E. Dominguez, 2003), este presenta importantes  
 ventajas en el momento de analizar el efecto de intervenciones pequeñas y frecuentes. Al  
 contrario de las primeras, cuyo objetivo es estimar el efecto de la intervención individ-  
 ual, este modelo estima el efecto medio de la intervención. En esto, el elevado número

Figura 3: Distribución de la Intervención Esterilizada en Una Sesión (2007-2011)

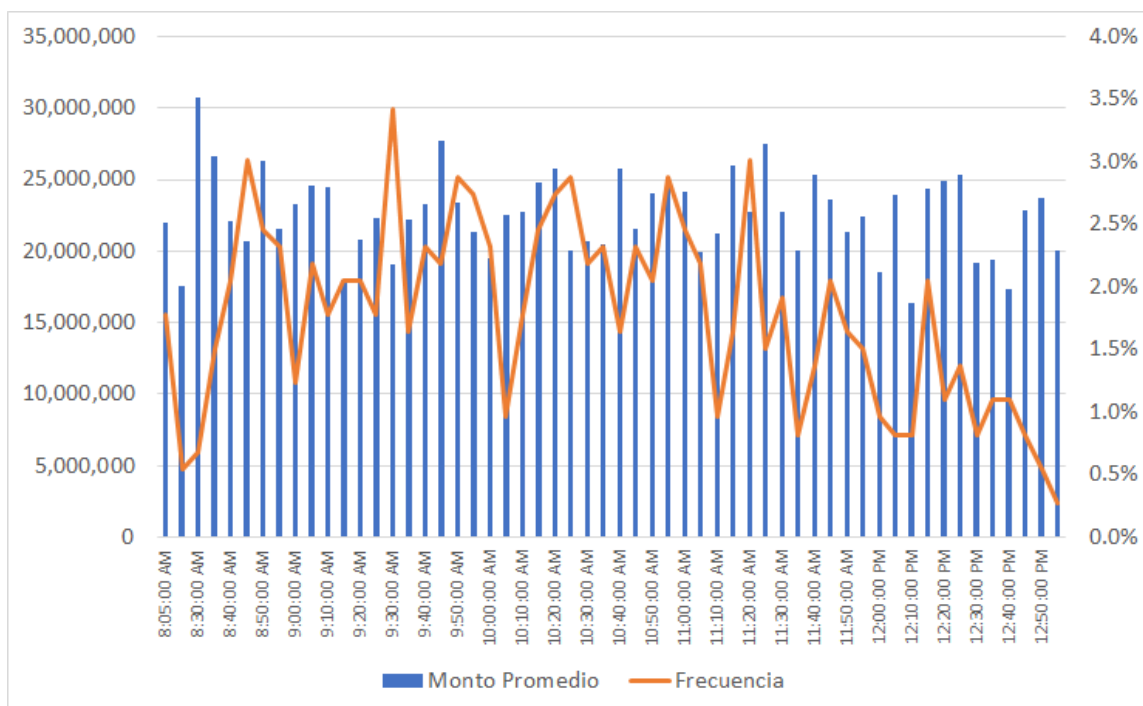


Fuente: Cálculos de los autores

de intervenciones y por ende de distintos estados de la economía bajo los que se realizó la  
 460 intervención juegan un papel importante en la fiabilidad y robustez de los efectos estimados.

En esta sección resumimos los elementos básicos del estudio de eventos para estimar el efecto de la IE sobre los retornos de la TC, su volatilidad, *turnover* y *bid/ask spread*. Como resultado del hecho estilizado que la volatilidad de los retornos de la TC tienen una estacionalidad intradía marcada, para este caso particular resulta importante corregir el  
 465 efecto por esta estacionalidad, (T. Andersen & Bollerslev, 1997) y (K. M. E. Dominguez, 2006). En la primera subsección se describe la estimación de la estacionalidad intradía de los retornos de la TC, mientras que en la segunda se describen en detalles las ecuaciones que determinan las variables de respuesta.

Figura 4: Distribución de la Intervención Esterilizada en Una Sesión (2007-2011)



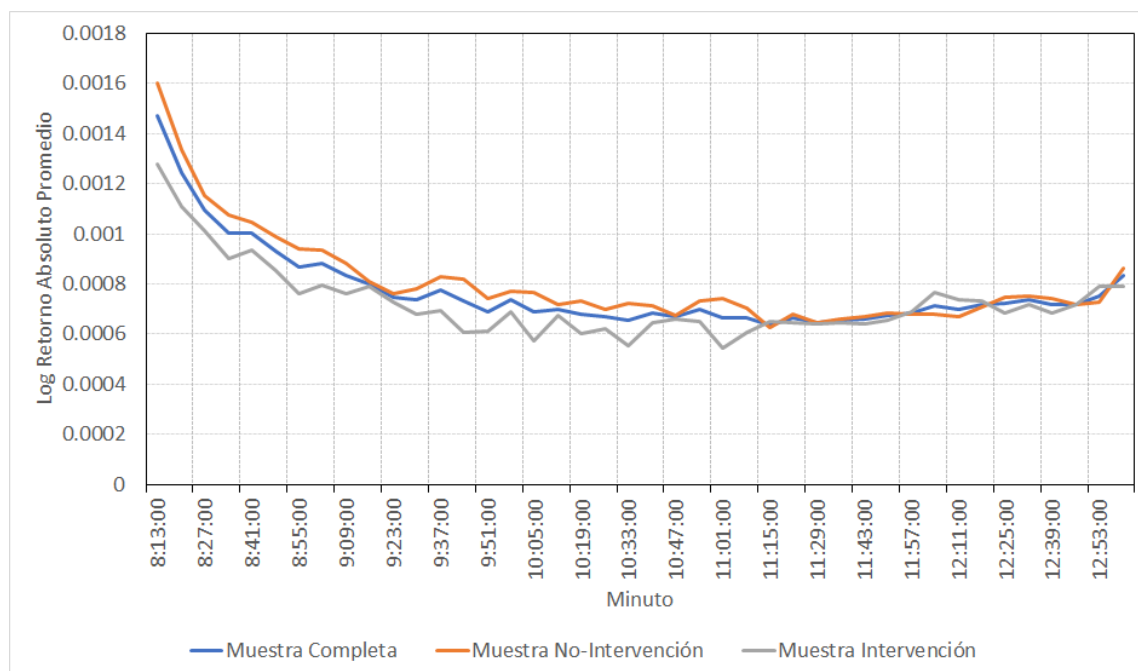
Fuente: Cálculos de los autores

### 3.1 Estacionalidad Intradía de la Volatilidad de los Retornos

470 La estacionalidad muestral de la volatilidad para los periodos 2007-2011 y 2011-2019 se encuentran en las Figuras 5 y 6, respectivamente. Estas figuras revelan características importantes de la estacionalidad de la volatilidad y pueden indicar algunos aspectos muy generales del efecto de la IE de la época sobre la volatilidad.

475 Como primera medida, la volatilidad conforma una sonrisa característica intradía, la cual corresponde a la cantidad disponible de información en cada instante específico. En efecto, la volatilidad de los retornos inicia el día siendo substancialmente alta debido a que los agentes desconocen la manera como el mercado va a incorporar el efecto de los choques ocurridos desde el cierre de la sesión anterior. La volatilidad se reduce rápidamente en la medida que el mercado incorpora el efecto de esos choques. Luego, la volatilidad se reduce 480 más mesuradamente en la medida que van apareciendo los choques durante la sesión, para alcanzar un mínimo entre las 11:00 AM y las 12:30 PM. Luego de esto, la volatilidad asume

Figura 5: Volatilidad Muestral Intradía (2007-2011)



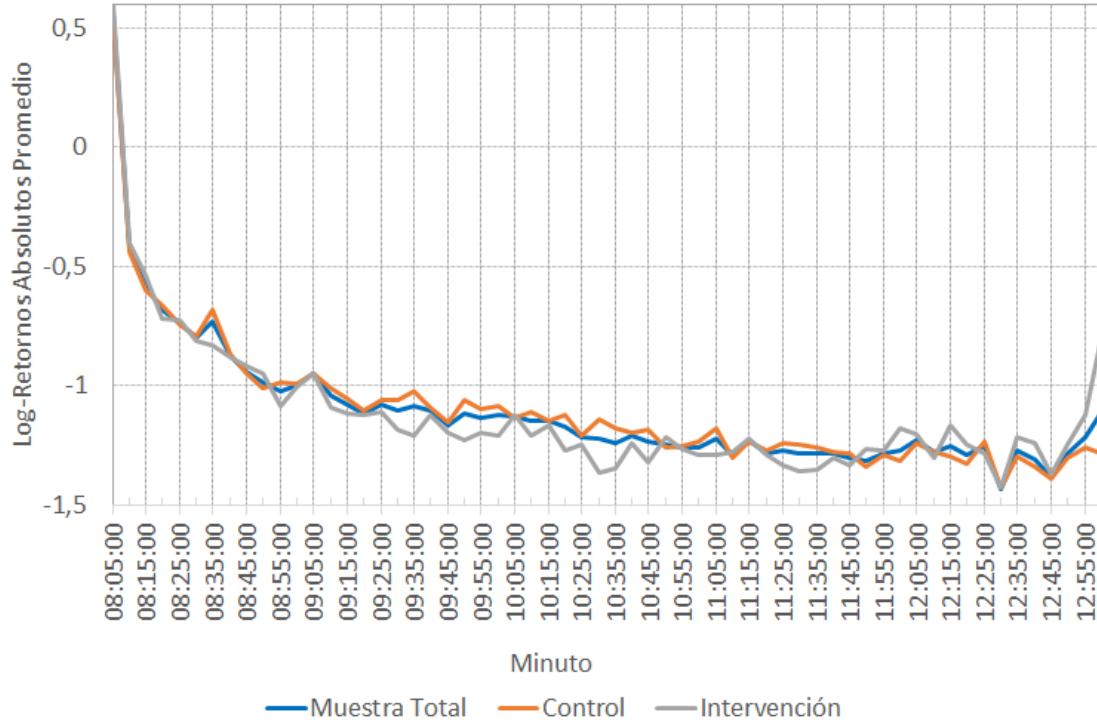
Fuente: Cálculos de los autores

una tendencia ligeramente creciente en la medida que el *turnover* disminuye. Esta es la característica sonrisa de volatilidad intradía de los retornos de la TC.

Y como segunda, la ocurrencia de intervención genera una pequeña pero muy clara  
 485 reducción de la volatilidad por un lapso ligeramente más largo que la primera mitad de la sesión. Esta reducción es más clara para la muestra 2007-2011, Figura 5, que para la muestra 2011-2017. Para la segunda muestra, más específicamente, la reducción se observa entre las 8:45 y las 11:45 AM. Sin embargo, en los días en que el BR realiza por lo menos una IE, la volatilidad de los retornos de la TC se incrementa muy ligeramente entre las  
 490 11:45 AM y 13:00 PM, creando un salto importante de la incertidumbre durante el último cuarto de hora de la sesión. De esta manera, dependiendo de la hora específica en que se registra el efecto de la intervención, esta se podría catalogar como creíble si este ocurre durante la primera mitad de la sesión o no creíble si sucede durante la segunda. Véase (K. M. Dominguez, 1998), por ejemplo.

495 Siguiendo a (T. Andersen & Bollerslev, 1997) y (K. M. E. Dominguez, 2006) modelamos la estacionalidad de la volatilidad intradía en la muestra de control a través del

Figura 6: Volatilidad Muestral Intradía (2011-2019)



Fuente: Cálculos de los autores

ajuste de una Transformada Rápida de Fourier, FFT por su nombre en inglés, de la siguiente manera.

Como primera medida estimamos un modelo para los retornos diarios,  $R_t$ , que nos permite estimar su volatilidad realizada,  $\sigma_t$ . Para nuestro caso encontramos que un  $MA(1) - GARCH(1,1)$  ajusta adecuadamente las variaciones de los retornos diarios.

Segundo, suponemos que el proceso de retornos intradía,  $R_{t,n}$ , donde  $n$  indica el orden del periodo dentro del día  $t$ -ésimo, se determina en función de la varianza de los retornos diarios como

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

donde  $s_n$  es el componente estacional intradía,  $N$  es el número de intervalos intradía en una sesión y  $Z_{t,n}$  es un proceso ruido blanco estándar,  $RB(0,1)$ .



Para estimar la estacionalidad intradía observamos que, (T. Andersen & Bollerslev, 1997), el proceso absoluto de volatilidad se puede escribir en términos de la log estacionalidad intradía  $\log s_n^2$  como

$$x_{t,n} = 2 \log [|R_{t,n} - E [R_{t,n}]|] - \log \sigma_t^2 + \log N = \log s_n^2 + \log Z_{t,n}^2$$

510 y si centramos  $\log Z_{t,n}^2$ , obtenemos

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

donde  $u_{t,n}$  es un proceso i.i.d. con media cero.

Finalmente, parametrizamos  $f_n$  a través de una FFT

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

donde  $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \gamma_p, \delta_p$  son coeficientes fijos,  $N_1 = (N + 1)/2$  &  $N_2 = (N + 1)(N + 2)/6$  y  $P$  es un parámetro de suavizamiento.

515 Así, nuestra estacionalidad estimada toma la forma

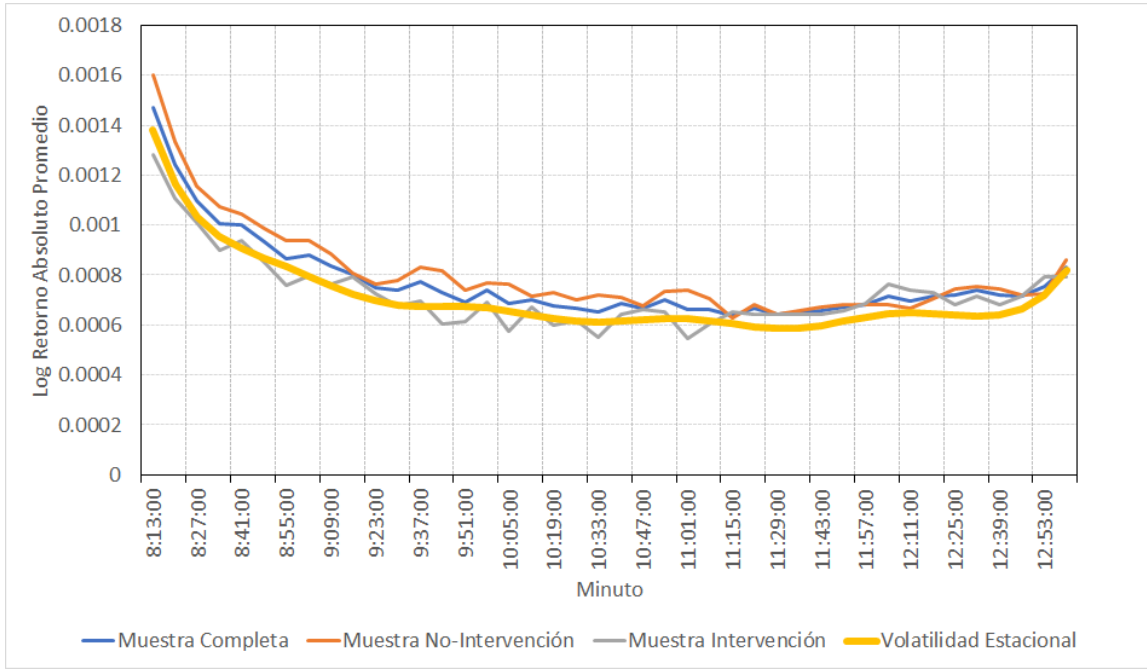
$$\hat{s}_n = \frac{\exp(\hat{f}_n/2)}{\sum_{n=1}^N \exp(\hat{f}_n/2)} \quad (2)$$

donde la estimación se realiza sobre la muestra de control, exclusivamente.

Las Figuras 7 y 8 muestran las estimaciones de la estacionalidad de la volatilidad para los periodos 2007-2011 y 2011-2019 respectivamente. Las estimaciones de la estacionalidad se obtuvieron empleando la Ecuación (2) con base en los datos de la muestra de control, 520 i.e. la de los días cuando no se realiza IE. Estas Figuras muestran algunas propiedades de este método de estimación cuando la estacionalidad observada no es suave.

La Figura 7 muestra una estacionalidad muy suave y como consecuencia de esto, muy cercano a la volatilidad observada para la muestra de control. La Figura 8, por el contrario, pierde ajuste al querer ajustar algunos picos observados de volatilidad que tienden a ocurrir 525 cada hora a partir de las 9:05 AM, hasta las 12:05 PM, creando una desajuste notorio de la estacionalidad estimada con la observada entre las 8:15 AM y las 9:35 AM. Este desajuste, sin embargo, no es corregible al incrementar o reducir el parámetro de suavizamiento  $P$  de la Ecuación (1), lo cual parece mostrar alguna deficiencia del método de estimación sugerido por (T. Andersen & Bollerslev, 1997)

Figura 7: Volatilidad Estacional Estimada (2007-2011)



Fuente: Cálculos de los autores

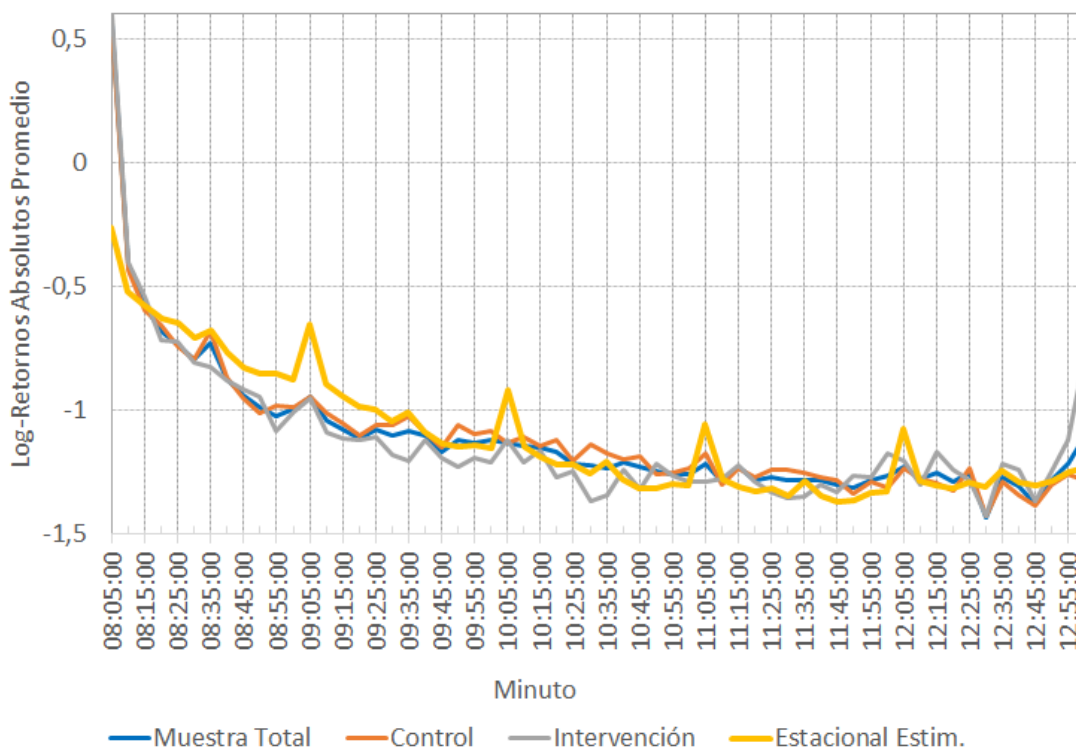
### 530 3.2 Efecto y Duración sobre los Retornos

Siguiendo a (K. M. E. Dominguez, 2003) y (Fuentes et al., 2014) estudiamos el efecto de la IE sobre los retornos a partir de un análisis de eventos descrito por la siguiente ecuación de regresión

$$\begin{aligned}
 R_{t,n} &= \beta_0 + \sum_{l=-m_I}^{m_I} \beta_{1,l} I_{t,n+l} + \sum_{j=1}^n \sum_{l=-m_K}^{m_K} \beta_{2,n+l}^j K_{t,n+l} + \sum_{k=1}^{P^R} \beta_{3,k} R_{t,n-k} + \\
 &\quad + \beta_4 Z_t + \varepsilon_{t,n} \\
 &= \mathbf{X}_{t,n}^\top \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{t,n}
 \end{aligned} \tag{3}$$

donde  $I_{t,n+l}$  son los rezagos ( $l$  negativo) y adelantos ( $l$  positivo) de la intervención signada,  $K_{t,n+l}$  son los adelantos y rezagos de las sorpresas macroeconómicas,  $R_{t,n-k}$  son los rezagos de los retornos intradía ( $k$  positivo),  $Z_t$  son otros controles, que en nuestro caso se reducen al impuesto implícito en los controles de capital que ocurrieron en el periodo que cubre la muestra 2007-2011,  $\boldsymbol{\beta}$  es un vector que contiene los coeficientes constantes  $\beta_{i,l}$ 's,  $\mathbf{X}_{t,n}$  es el

Figura 8: Volatilidad Estacional Estimada (2011-2019)



Fuente: Cálculos de los autores

vector que contiene los regresores correspondientes, y  $\varepsilon_{t,n}$  es un error.

540 Bajo el supuesto de que el proceso  $\varepsilon_{t,n}(R_{t,n} - \mathbf{X}_{t,n}^\top \boldsymbol{\beta})$  es una sucesión de diferencias  
de martingalas, podemos estimar este modelo por el Método Generalizado de Momentos,  
GMM, de (Hansen, 1982). Como resultado, también obtenemos una estimación de la matriz  
de varianzas y covarianzas de los parámetros estimados, la cual es robusta a heterocedasticidad y autocorrelación, HAC, de los errores,  $\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\boldsymbol{\beta}}}$ . Esta matriz se utiliza para determinar  
545 los errores estándar para las bandas confidenciales de los efectos y para determinar las  
varianzas de los efectos acumulados, i.e. de la suma de coeficientes particulares.

### 3.3 Efecto y Duración sobre la Volatilidad de los Retornos

En este caso el estudio de eventos se implementa estimando la ecuación

$$\begin{aligned}
V_{t,n} &= \gamma_0 + \sum_{l=-m_I}^{m_I} \gamma_{1,l} I_{t,n+l} + \sum_{j=1}^n \sum_{l=-m_K}^{m_K} \gamma_{2,n+l}^j K_{t,n+l} + \\
&+ \sum_{k=1}^{PR} \beta_{3,k} V_{t,n-k} + \gamma_4 s_n + \nu_{t,n} \\
&= \mathbf{Z}_{t,n}^\top \boldsymbol{\delta} + \nu_{t,n}
\end{aligned} \tag{4}$$

donde  $V_{t,n-k}$  son rezagos de la volatilidad,  $s_{t,n}$  es la estacionalidad intradía estimada de la volatilidad definida por la Ecuación (2), y los supuestos sobre  $\nu_{t,n}$  son los equivalentes a los de la Ecuación (3). De igual manera, la estimación se realiza por GMM.

### 3.4 Efecto y Duración sobre el Volumen Transado

Para este caso la ecuación a estimar es

$$\begin{aligned}
T_{t,n} &= \delta_0 + \sum_{l=-m_I}^{m_I} \delta_{1,l} I_{t,n+l} + \sum_{j=1}^n \sum_{l=-m_K}^{m_K} \delta_{2,n+l}^j K_{t,n+l} + \\
&+ \sum_{k=1}^{PR} \delta_{3,k} T_{t,n-k} + \eta_{t,n} \\
&= \mathbf{T}_{t,n}^\top \boldsymbol{\gamma} + \eta_{t,n}
\end{aligned} \tag{5}$$

donde  $T_{t,n-k}$  son rezagos del volumen transado.

### 3.5 Efecto y Duración sobre el Diferencial de los Precios de las Mejores Ofertas de Compra y Venta

Finalmente, el estudio de eventos, para este caso, se basa en la ecuación

$$\begin{aligned}
D_{t,n} &= \psi_0 + \sum_{l=-m_I}^{m_I} \psi_{1,l} I_{t,n+l} + \sum_{j=1}^n \sum_{l=-m_K}^{m_K} \psi_{2,n+l}^j K_{t,n+l} + \\
&+ \sum_{k=1}^{PR} \psi_{3,k} D_{t,n-k} + \zeta_{t,n} \\
&= \mathbf{T}_{t,n}^\top \boldsymbol{\psi} + \eta_{t,n}
\end{aligned} \tag{6}$$

donde  $D_{t,n-k}$  son rezagos del diferencial.

## 4 Resultados

560 Distinguimos dos momentos en que el BR publica información acerca de la IE por sub-  
astas. El primero es la confirmación de la subasta, anuncio que se realiza fuera de las  
sesiones del mercado. El segundo ocurre instantes luego de la finalización de la subasta,  
cuando los agentes conocen el volumen de la intervención y su asignación a los diferentes  
agentes. Como resultado, algunos efectos de la intervención se podrían registrar al inicio  
565 de la jornada y otros durante o ligeramente después de la intervención. Así,  $I_{t,n+l}$  en las  
Ecuaciones (3) a (6), sería el monto intervenido en el intervalo particular, donde el tiempo  
cero es el límite superior del intervalo de intervención o el del primer intervalo del día.

Los resultados se organizan en cuatro subsecciones. La primera describe los efectos  
de las compras directas sobre los retornos, e integrando estos sobre la tasa de cambio. Los  
570 resultados sobre los retornos se presentan para un intervalo de tiempo de cuatro horas  
antes y cuatro después de los momentos bajo análisis. La segunda subsección muestra el  
efecto sobre la volatilidad. La tercera resume el efecto sobre el *turnover*. Y la cuarta y  
última muestra los resultados para el *bid / ask spread*. Estos análisis se describen tanto en  
el momento en que se realizó la intervención como al inicio de su día de ejecución<sup>23</sup>.

### 575 4.1 El Efecto de la Intervención sobre la Tasa de Cambio y sus Retornos

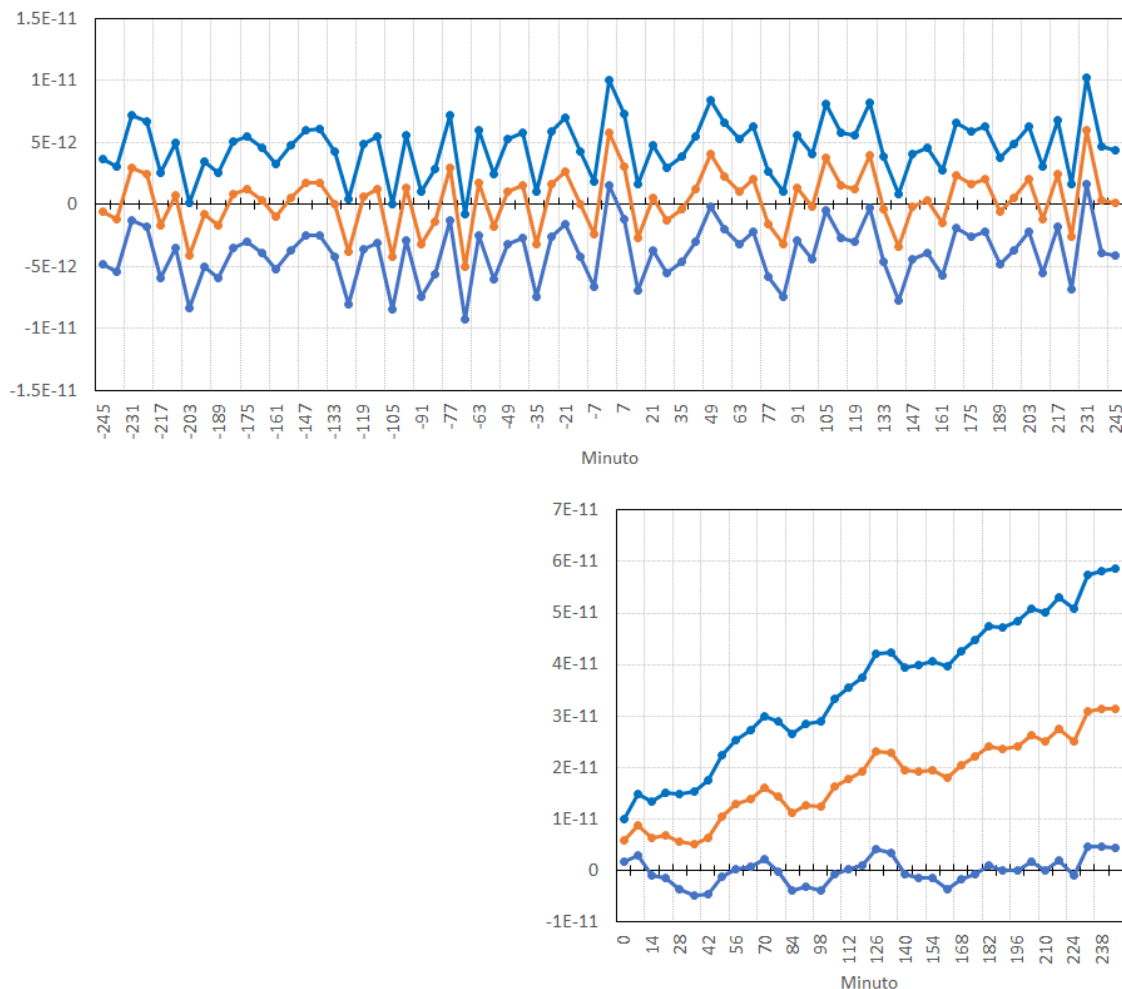
Esta subsección contiene los efectos de las compras directas sobre los retornos y la TC  
de la siguiente manera. Cada una de las Figuras contiene dos paneles. El panel superior  
muestra el efecto de las compras directas sobre los retornos, es decir los coeficientes  $\beta_{1,l}$  de  
la Ecuación (3). El panel inferior, por su parte, muestra el efecto sobre la tasa de cambio, es  
580 decir el efecto acumulado desde el impacto,  $\sum_{l=0}^k \beta_{1,l}$  a lo largo de  $k$ . Para estas Figuras se  
calculan las bandas confidenciales empleando la matriz de varianzas y covarianzas estimada  
por HAC de los parámetros estimados,  $V[\sum_{l=0}^k \beta_{1,l}]$  para  $k = 1, 2, \dots, m_l$ . Esto como  
resultado de que la TC es la *integración* de sus retornos.

Las Figuras 9 y 10 muestran el efecto de una intervención por compra directa sobre  
585 los retornos de la TC, panel superior, y el efecto acumulado desde la intervención o efecto  
sobre la TC, panel inferior, para las muestras 2007-2011 y 2011-2019 respectivamente.

---

<sup>23</sup>Los resultados sobre el efecto de los demás tipos de intervención se encuentran en un Anexo que está  
disponible contactando a los autores.

Figura 9: Respuesta de los Retornos de la TC (panel superior) y sobre la TC (panel inferior) de una Subasta de Opciones de Compra Directa por 1 USD en el Momento de la Subasta (2007-2011)



Fuente: Cálculos de los autores

Para la primera muestra, Figura 9, no se observa un impacto importante anticipado a la intervención. En efecto, el panel superior de esta Figura muestra que la respuesta anticipada, es decir antes de la intervención, está por dentro o sobre las bandas confidenciales. Por otra parte, esta respuesta luce simétrica y carece de ciclicidad, razón por la cual el efecto anticipado de las compras directas sobre la TC es cero.

El efecto en el impacto, por su parte, es pequeño pero significativo. Efectivamente, una compra directa de 1 USD deprecia la TC en  $\hat{\beta}_{t,0} = 5.7 \times 10^{-12}$  al terminar la subasta. Esto implica que sería necesario realizar una intervención de 1,730 millones USD para  
595 lograr una depreciación de 1% de la TC

Igualmente, la respuesta rezagada muestra efectos significativos pero transitorios de la intervención. De hecho, el panel superior de la Figura 9 muestra un efecto significativo, también con signo positivo y marginalmente significativos a los 49, 105, 183 y 238 minutos. En este panel también se observa una ligera ciclicidad de la respuesta rezagada,  
600 con cimas positivas y significativas. Este comportamiento origina una respuesta positiva, marginalmente significativa sobre la TC, como se puede observar en el panel inferior.

Sin embargo, a pesar de que la respuesta sobre la TC, panel inferior de la Figura 9, es creciente, este crecimiento no es significativo y la respuesta acumulada es significativamente mayor que cero solo ocasionalmente. Por otra parte, si se tiene en cuenta que las bandas  
605 confidenciales se incrementan más que linealmente con el horizonte para la TC y que el efecto de la intervención sobre los retornos se desvanece con el tiempo, el efecto de estas intervenciones sobre la TC resulta ser de corta duración, ligeramente por debajo de 4 horas.

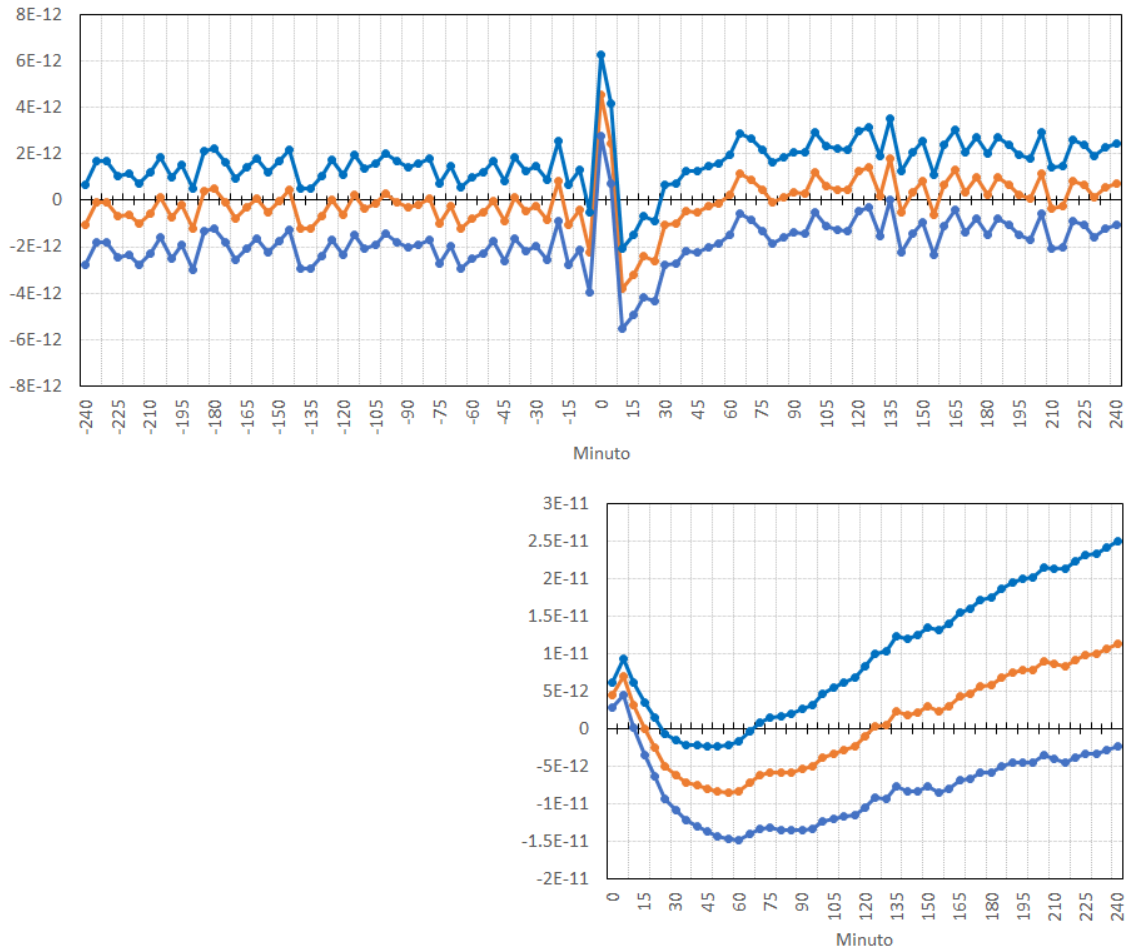
La respuesta para la segunda submuestra, Figura 10, revela una muy pequeña pero significativa apreciación de la TC. De hecho, el panel superior muestra que 5 minutos antes  
610 de la intervención se observa una apreciación del orden de  $\hat{\beta}_{t,-5} = -2.25 \times 10^{-10}\%$ . Por otra parte, este mismo panel revela que antes de la intervención la respuesta es negativa con mayor frecuencia que positiva, pero esta diferencia no es significativa ni las respuestas significativamente distintas de cero.

En el impacto, a su vez, el panel superior de la Figura citada también revela un rebote  
615 positivo, pequeño y también significativo con otro posterior más pequeño pero significativo cinco minutos después. En este caso  $\hat{\beta}_{t,0} = 4.52 \times 10^{-12}$ , lo cual implicaría una intervención del orden de 2,200 millones USD para depreciar la TC en 1%.

Por su parte, la respuesta rezagada muestra un rebote y mayor frecuencia de retornos positivos. Efectivamente, el panel superior de la Figura 10 muestra que diez minutos de  
620 spués de la intervención y durante los siguientes 25 minutos la respuesta se torna significativamente negativa. Consecutivamente, durante la segunda, tercera y cuarta horas luego del impacto la respuesta tiende a ser positiva más frecuentemente que negativa, pero esas diferencias no son significativas ni estos efectos significativamente distintos de cero.

Como resultado, para 2011-2019 la intervención por compra directa tiene un efecto  
625 positivo sobre la TC con una corta corrección, ambos significativos. El panel inferior Figura

Figura 10: Respuesta de los Retornos de la TC (panel superior) y sobre la TC (panel inferior) de una Subasta de Opciones de Compra Directa por 1 USD en el Momento de la Subasta (2011-2019)



*Fuente:* Cálculos de los autores

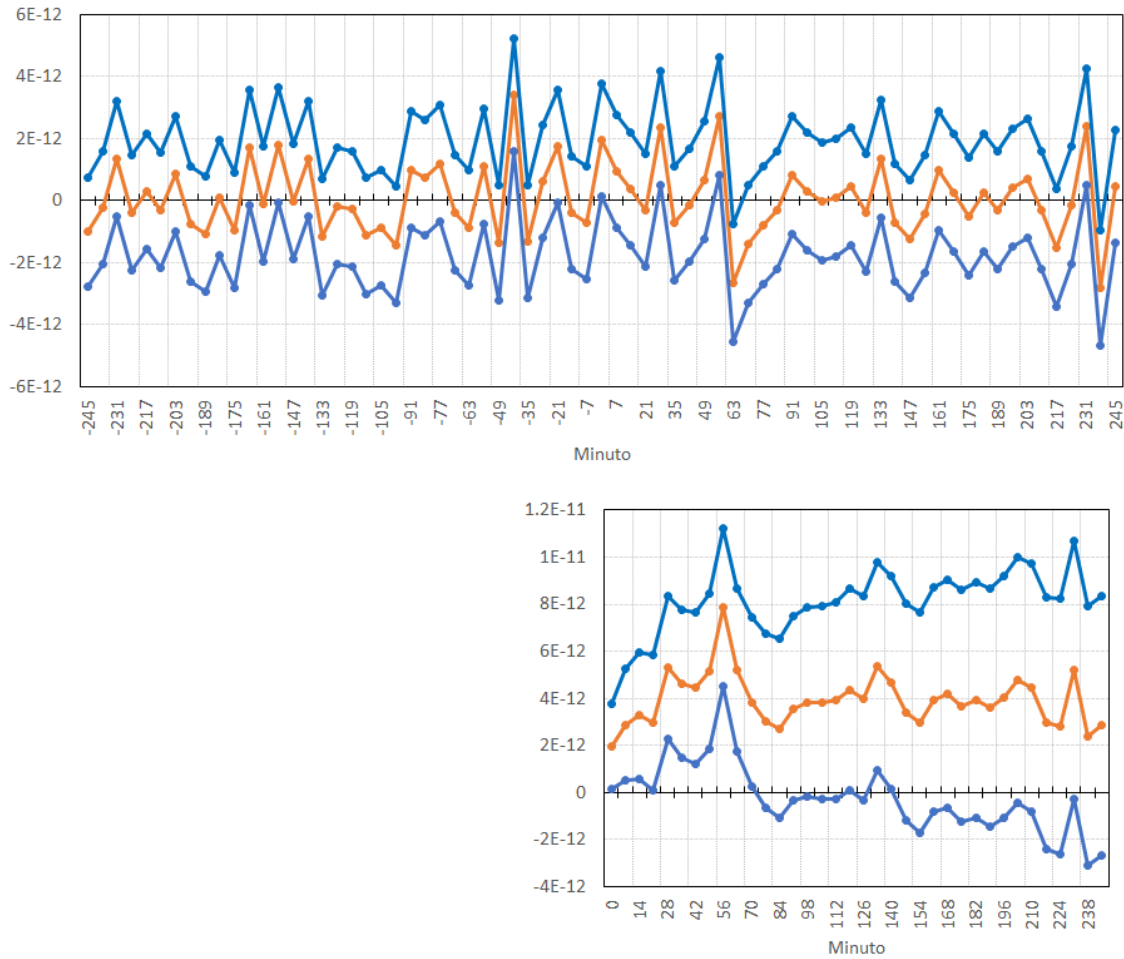
10 exhibe el efecto del rebote positivo en el impacto y su reversión posterior hasta llegar los 60 minutos. Posteriormente, y teniendo en cuenta que el efecto de la intervención se desvanece rápidamente en el tiempo y que la volatilidad crece más que linealmente con el horizonte, este efecto sería de corta duración sobre la tasa de cambio.

630 El efecto de la confirmación de las subastas de opciones por compra directa se puede



observar en las Figuras 11 y 12.

Figura 11: Respuesta de los Retornos de la TC (panel superior) y sobre la TC (panel inferior) de una Subasta de Opciones de Compra Directa por 1 USD al Inicio de la Sesión (2007-2011)



Fuente: Cálculos de los autores

Para el periodo 2007-2011 se observa un efecto positivo al inicio de la sesión. En efecto, el panel superior de la Figura 11 muestra un incremento pequeño y significativo en el impacto, el cual está seguido por efectos positivos y significativos rezagados a los 28 y 66 minutos luego del inicio de la sesión. Al inicio de la jornada se registra una depreciación del orden del  $1.94 \times 10^{-10}\%$  que significaría una intervención de varios miles de millones

USD para lograr un depreciación del 1%. Por otra parte, antes y después del inicio de la sesión las respuestas tienden a ser simétricas con pocos periodos significativos.

El panel inferior de la Figura 11 muestra que el efecto de confirmación de la subasta es pequeño y de muy corta duración, una hora aproximadamente, sobre la TC. Esto es resultado de la simetría de los efectos sobre los retornos y de que la volatilidad tiende a crecer más que linealmente con el horizonte.

La respuesta de los retornos de la TC a la confirmación de la subasta para el periodo 2011-2019 resulta ser negativo y de muy corta duración. Efectivamente, el panel superior de la Figura 12 revela una apreciación del Peso del orden de,  $-1.69 \times 10^{-12}$ , y significativa cinco minutos antes del inicio de la sesión. Durante el inicio el efecto es del orden de,  $-1.95 \times 10^{-12}$ . Adicionalmente, las respuestas antes y después del inicio de la jornada tienden a ser simétricas.

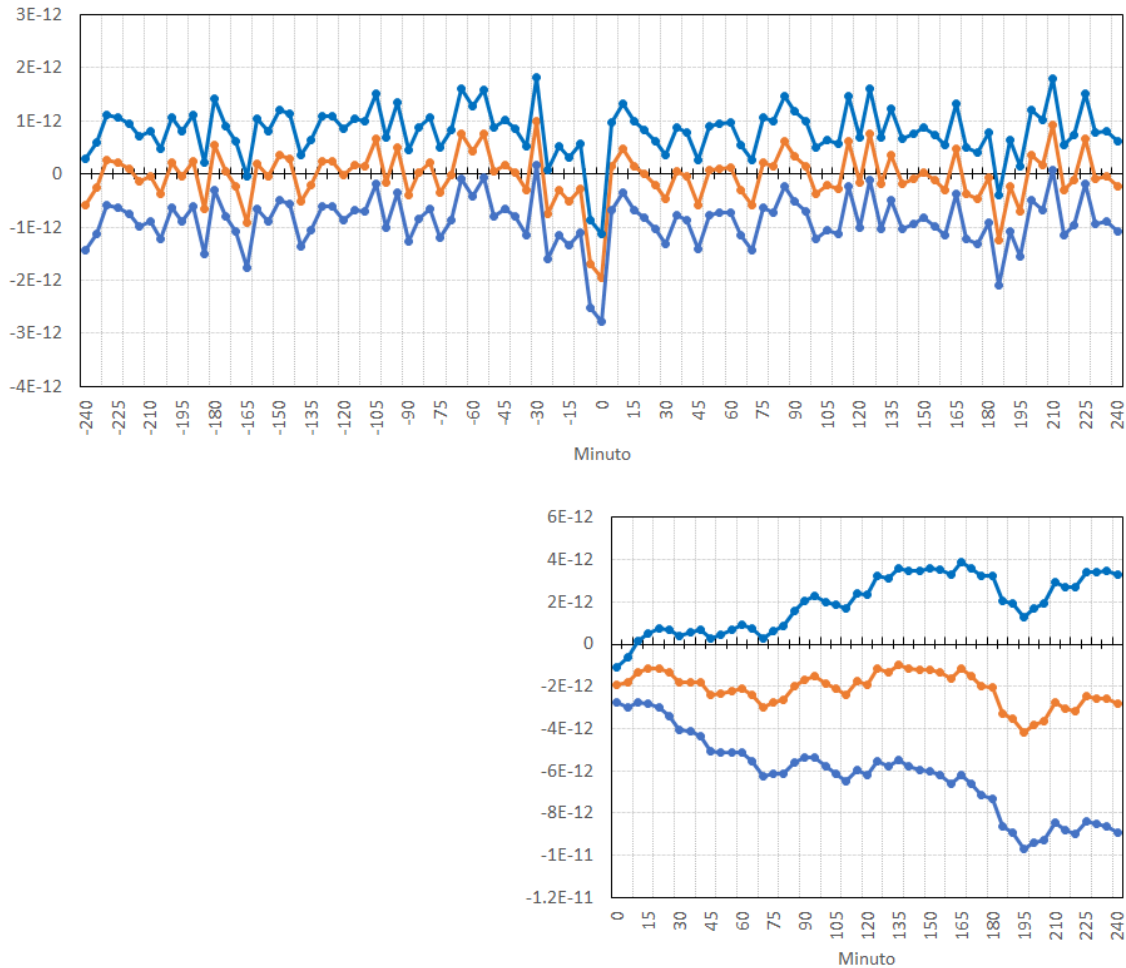
Como resultado, el impacto de la confirmación de la subasta sobre la TC, panel inferior, muestra una apreciación muy pequeña del Peso que dura 10 minutos. Esto surge del hecho que las respuesta de los retornos a la confirmación es simétrica y del incremento más que lineal de la volatilidad resultante de la *integración* de los efectos sobre los retornos.

## 4.2 Efecto sobre la Volatilidad de los Retornos

La Figura 13 muestra el efecto de una compra directa en el instante de la intervención, fila uno, y al inicio de la jornada de intervención, fila dos, para las submuestras 2007-2011, columna uno, y 2011-2019, columna dos, respectivamente. Los distintos paneles muestran las estimaciones de los parámetros  $\gamma_{1,l}$  a lo largo de los rezagos,  $l$  positivos, y adelantos,  $l$  negativos de la Ecuación (4). De igual manera, vale la pena notar que estos resultados corrigen la estacionalidad intradía de la volatilidad ya que el término  $s_n$  se incluye en la estimación.

La Figura 13 revela que el efecto de la intervención sobre la volatilidad es más marcado para la submuestra 2011-2019 que para la 2007-2011. Para esto, comparamos primero los efectos alrededor de la subasta para las dos submuestras. Para el periodo 2007-2011, panel superior izquierdo, la volatilidad se reduce durante las tres primeras horas luego de la subasta, pero esta reducción es significativa ocasionalmente a lo largo de este periodo. Este panel revela, también, que antes de la subasta el efecto sobre la volatilidad no es significativamente distinto de cero excepto un cuarto de hora antes de su ocurrencia cuando es menor que cero por dos periodos. Posteriormente a la subasta el efecto vuelve a ser significativamente menor que cero en distintas ocasiones. En comparación,

Figura 12: Respuesta de los Retornos de la TC (panel superior) y sobre la TC (panel inferior) de una Subasta de Opciones de Compra Directa por 1 USD al Inicio de la Sesión (2011-2019)

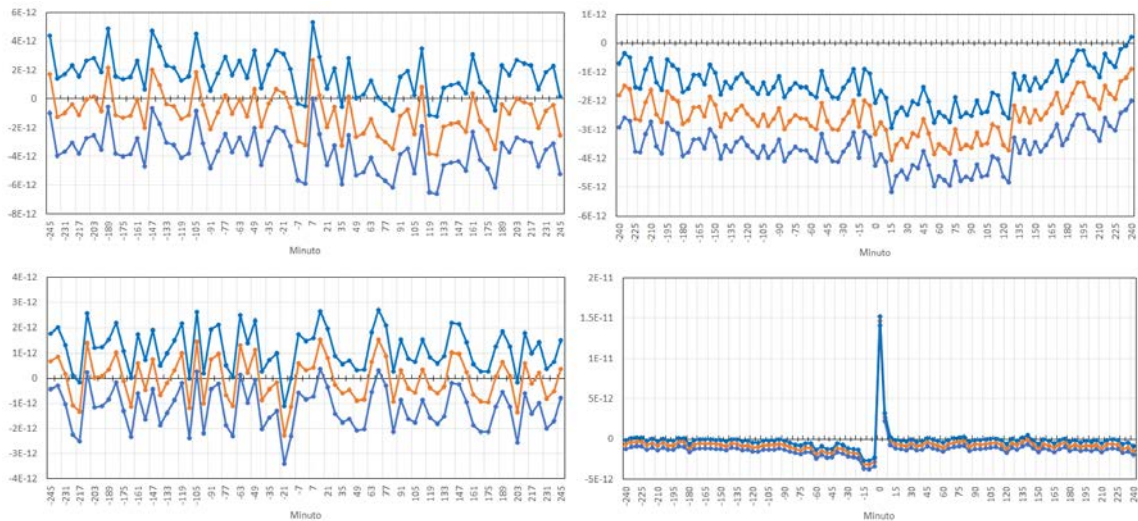


Fuente: Cálculos de los autores

<sup>670</sup> para el periodo 2011-2019, panel superior derecho, la subasta reduce significativamente la volatilidad de los retornos durante la mayor parte de las ocho horas alrededor de esta. Efectivamente, el panel superior derecho de esta Figura muestra que la volatilidad se reduce desde cuatro horas antes de la subasta, baja aún más durante las dos horas siguientes a esta y retorna suavemente a la normalidad durante las dos horas finales. Vale la pena

675 anotar que durante la mayor parte de las ocho horas la reducción de la volatilidad es muy significativa.

Figura 13: Respuesta de la Volatilidad de los Retornos de la TC a una Subasta de Opciones de Compra Directa por 1 USD al Momento de la Intervención (fila uno) y al Inicio de la Sesión (fila dos) para 2007-2011 (columna uno) y 2011-2019 (columna 2)



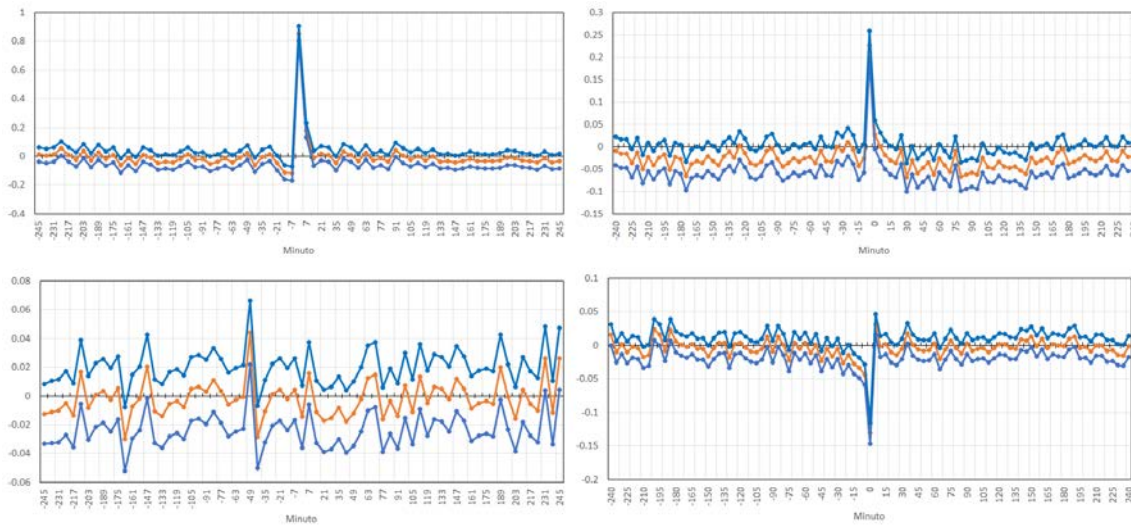
Fuente: Cálculos de los autores

Y segundo, comparamos los efectos del anuncio de la subasta al inicio del día, paneles inferiores de la Figura 13. El panel inferior izquierdo revela el hecho que el anuncio de la subasta tiene un efecto muy pequeño y ocasional sobre la volatilidad en la submuestra  
680 2007-2011. En efecto, la volatilidad es significativamente menor que cero un cuarto de hora antes del inicio de la sesión y mayor que cero setenta minutos después. Estas respuestas significativas y poco frecuentes se presentan en un ambiente en que la respuesta de la volatilidad al anuncio de la subasta es simétrica alrededor de cero. Sin embargo, para la submuestra 2011-2019, panel inferior derecho, se observa un efecto marcado del anuncio de  
685 la subasta sobre la volatilidad al inicio de la jornada. Efectivamente, esta Figura muestra que la volatilidad se reduce marcada y significativamente desde una hora y media antes del inicio de la jornada. Justo a su inicio la volatilidad salta de manera importante por el primer cuarto de hora de la jornada. Luego la volatilidad se estabiliza ligeramente por debajo de cero.

690 **4.3 Efecto sobre el Volumen Negociado en el Mercado, *Turnover***

La Figura 14 muestra el efecto de una subasta de opciones por compra directa alrededor de su ejecución, paneles superiores, y al inicio de la jornada, paneles inferiores, para las submuestras 2007-2011, paneles izquierdos, y 2011-2019, paneles derechos. Los resultados de esta subsección provienen de la estimación de la Ecuación (5).

Figura 14: Respuesta del *Turnover* a una Subasta de Opciones de Compra Directa al Momento de la Intervención por 1 USD (fila uno) y al Inicio de la Sesión (fila dos) para 2007-2011 (columna uno) y 2011-2019 (columna 2)



Fuente: Cálculos de los autores

695 La Figura 14 revela un efecto más marcado de la subasta en los instantes alrededor de su ejecución en comparación con su efecto al inicio de la sesión. Para esto, comparamos primero los efectos para la submuestra 2007-2011, paneles izquierdos. Durante la subasta, panel superior izquierdo, el *turnover* del mercado se incrementa marcada y significativamente alcanzando casi el 100% del valor intervenido. En comparación, alrededor del inicio de la jornada, panel inferior izquierdo, hay algunos efectos marginalmente significativos  
700 tales como un incremento del 2% de la intervención una hora antes del inicio de la jornada.

Para la submuestra 2011-2019, paneles derechos, se observa un comportamiento similar. Durante la subasta, panel superior derecho, el *turnover* se incrementa significativamente en un 25% de la intervención, y luego de la subasta se reduce durante un lapso  
705 de aproximadamente dos horas hasta en un 5% en cada intervalo de cinco minutos. En

contraste, la subasta reduce el *turnover* menos del 5% de la intervención durante los quince minutos anteriores al inicio de la jornada. Justo al inicio de la jornada el *turnover* se reduce en un 15% de la intervención, luego de lo cual el efecto se anula.

#### 4.4 Efecto sobre el Diferencial entre las Mejores Ofertas de Venta y Compra, *Bid / Ask Spread*

710

La Figura 15 muestra el efecto de una subasta de opciones por compra directa sobre el *bid/ask spread* del mercado *spot* de divisas alrededor de la subasta, páneles superiores, y al inicio de la sesión, páneles inferiores, para las submuestras 2007-2011, páneles izquierdos, y 2011-2019, páneles derechos.

715

La Figura 15 revela que la intervención tiene un efecto más marcado al inicio de la jornada sobre el *bid/ask spread* que alrededor de la intervención. Esto se puede observar al comparar primero los efectos estimados de la subasta para la submuestra 2007-2011, es decir los páneles izquierdos. El efecto de la subasta alrededor de su periodo de ejecución, panel superior izquierdo, es cíclico con periodos ocasionales de significancia, de un orden máximo  $4 \times 10^{-9}$ . Por el contrario, el efecto de la subasta al inicio del día, panel inferior izquierdo, es significativo y del orden  $1 \times 10^{-8}$ , es decir 10 veces más grande que los efectos observados alrededor de la intervención.

720

Para el periodo 2011-2019, páneles derechos, se observa un comportamiento similar. Durante las ocho horas alrededor de la subasta, panel superior derecho, el *spread* se redujo significativamente alcanzando un mínimo durante la subasta del orden de  $5 \times 10^{-9}$ . Sin embargo, al inicio de la jornada, panel inferior derecho, se registra un incremento del *spread* del orden  $1.5 \times 10^{-8}$ , es decir tres veces más grande que el observado alrededor de la subasta. Este efecto viene acompañado de una reducción significativa pero numéricamente no importante hasta cuatro horas dentro de la jornada.

725

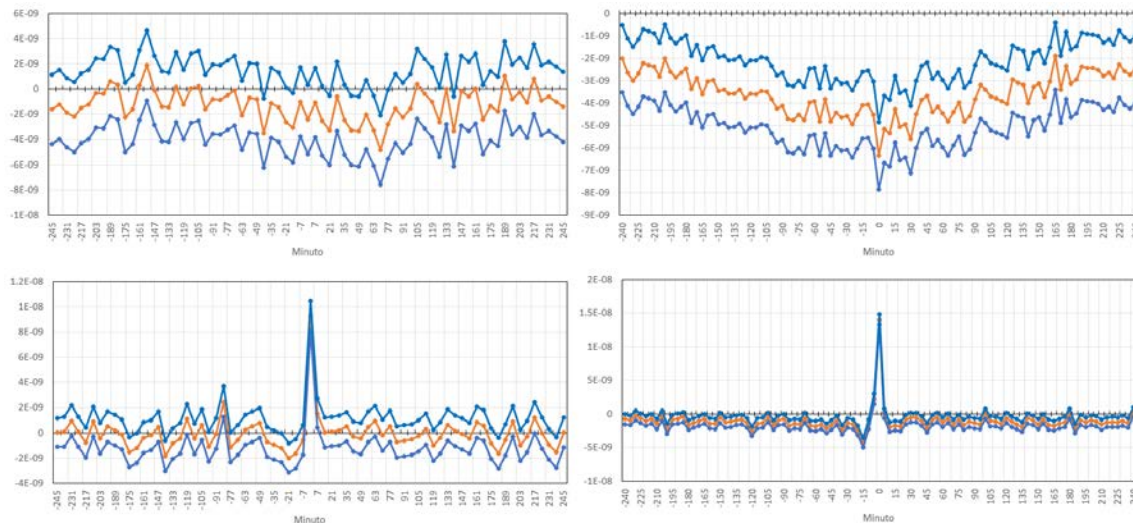
## 5 Conclusiones y Consideraciones Finales

730

En este trabajo mostramos los principales problemas econométricos que enfrentan los trabajos que pretenden evaluar el efecto y efectividad de la IE. El primero y más importante de ellos, el cual está relacionado con los resultados de (Rogoff & Meese, 1981), (Rogoff & Meese, 1983), (Meese & Rogoff, 1983) y (Cheung et al., 2017), es la ausencia de un contrafactual que permita identificar, y en consecuencia estimar, el efecto de la intervención. La falencia de estos modelos es, de acuerdo con múltiples investigadores como

735

Figura 15: Respuesta del *Bid / Ask Spread* a una Subasta de Opciones de Compra Directa por 1 USD al Momento de la Intervención (fila uno) y al Inicio de la Sesión (fila dos) para 2007-2011 (columna uno) y 2011-2019 (columna 2)



Fuente: Cálculos de los autores

(K. M. E. Dominguez, 2003), (Lyons, 2006) y (Sarno & Taylor, 2003), es que hacen poco énfasis en la microestructura del mercado de divisas.

El segundo problema es la no predeterminación de la intervención, el cual lleva a conocido sesgo de simultaneidad en la estimación del efecto de la IE sobre la TC, especialmente cuando los modelos explican la TC en frecuencias diarias o inferiores. Este problema resulta ser más intenso cuando la intervención tiene objetivos implícitos en vez de explícitos o cuando esta se realiza de manera discrecional como opuesto a bajo regla. Cuando la intervención persigue un objetivo bien definido o cuando se aplica bajo una regla, el andamiaje de evaluación de impacto puede ayudar a solucionar o aminorar el efecto de este problema como en (Fatum & Hutchison, 2010) y (Kuersteiner et al., 2018), por ejemplo.

Como resultado los modelos que enfatizan la microestructura, los cuales se basan en mediciones de alta frecuencia, tienen importantes ventajas para los objetivos de este trabajo. Estos modelos vienen en dos cepas, los que se enfocan en el flujo de información que reciben los *traders*, (T. G. Andersen, Bollerslev, Diebold, & Vega, 2003) y (K. M. E. Dominguez, 2006), y los que se enfocan en los movimientos de los inventarios, (Lyons, 2006). La ventaja de estos modelos es su poder predictivo sobre la TC y el hecho



que la correlación contemporánea entre la intervención y la TC se reduce substancialmente al analizar datos de alta frecuencia.

755       Adicionalmente, si se incorpora la hipótesis de los mercados eficientes, (Fama, 1995), los modelos basados en la microestructura con mediciones de alta frecuencia permiten estimar el efecto de la IE. Bajo estas circunstancias el efecto de la intervención sobre la TC se refleja con un rezago muy pequeño, si alguno, a partir del momento que se libera información sobre la subasta. Además, si se incorpora el hecho que la TC tiene una raíz  
760 unitaria, el efecto de la intervención es permanente. Como resultado, una IE debería mostrar un efecto tipo escalón sobre la TC, y el contrapaso de ese escalón sería el efecto total de la intervención.

Un ejemplo de este tipo de comportamiento se puede observar en la Figura 16, que proviene de (K. M. E. Dominguez, 2003), donde se observa una depreciación substancial e  
765 inmediata, tipo escalón, de aproximadamente 7% de la tasa de cambio DEM/USD, minutos después de una fuerte intervención de la FED. Esta Figura ilustra la eficiencia del mercado, el hecho que la TC tiene una raíz unitaria y el efecto de la credibilidad de la autoridad que intervino y del volumen de intervención.

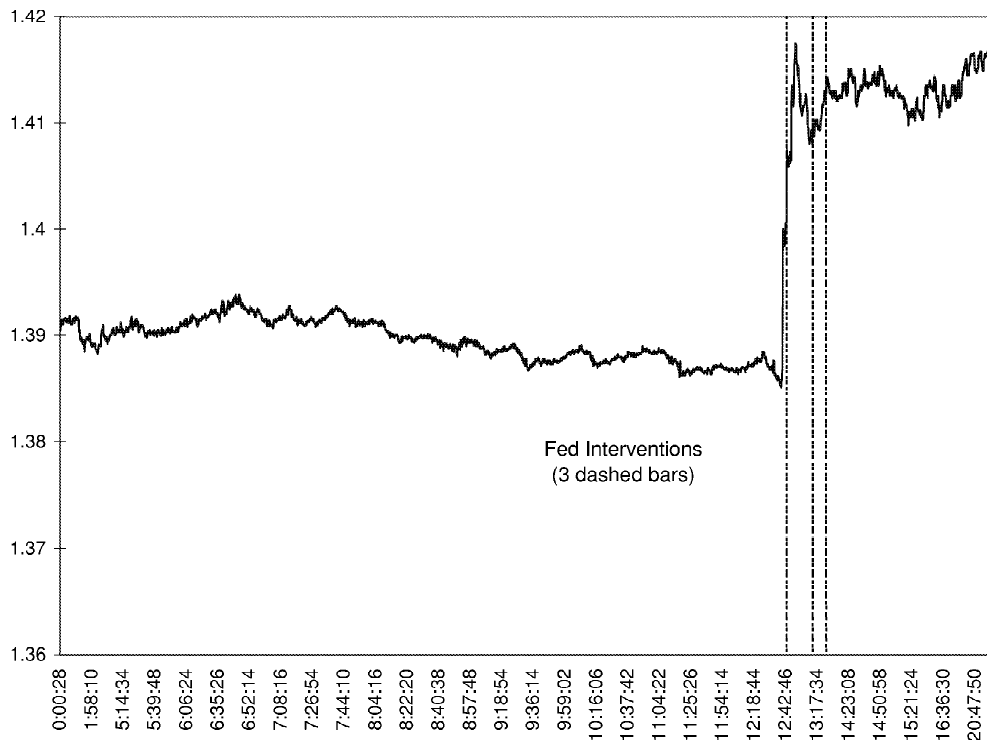
Con base en la discusión anterior, nuestro segundo objetivo pretendió estimar el  
770 efecto de la intervención por subastas de opciones de compra directa en Colombia. Para esto, y atendiendo a los cambios en la profundidad del mercado, se analizaron dos bases de datos con información intradía utilizando un modelo basado en la microestructura del flujo de información disponible a los *traders*. El periodo 2007-2011 incluye información cada 7 minutos y el 2011-2019 cada 5 minutos. Los resultados se obtuvieron de un análisis  
775 de eventos, que es la manera como implementa este modelo (K. M. E. Dominguez, 2003) y (K. M. E. Dominguez, 2006). Estos análisis arrojan las siguientes conclusiones.

La intervención tiene un efecto muy pequeño y, por esa misma razón, de corta duración sobre la TC. De hecho, los efectos estimados alrededor del tiempo de la subasta y al inicio de la sesión son del orden de  $10^{-10}\%$ , lo cual requeriría una intervención de varios  
780 miles de millones USD para lograr una depreciación de 1%. Por otra parte, y como resultado del hecho que la incertidumbre del efecto sobre la TC se incrementa más que linealmente con el horizonte, ese pequeño impacto se ve superado rápidamente por la incertidumbre y en consecuencia el efecto tiene duración muy corta. En este punto vale la pena comparar los páneces inferiores de las Figuras 9 a 12 con la 16 de (K. M. E. Dominguez, 2003).

785       Sin embargo, la intervención tiene un efecto importante sobre la volatilidad de los retornos. En efecto, la intervención tiende a reducir la volatilidad de los retornos de la TC, especialmente en el periodo 2011-2019, y esta reducción se registra para un periodo



Figura 16: Tasa de Cambio DEM-USD e Intervenciones del Banco de la Reserva Federal de los EEUU 31-May-1995



Fuente: (K. M. E. Dominguez, 2003)

prolongado de tiempo. Este resultado, de acuerdo con (K. M. Dominguez, 1998, T. 1.1 pp. 167) es consistente con una señal creíble y no ambigua para depreciar la tasa de cambio en un mercado eficiente.

790

De igual manera, la intervención afecta el *turnover* del mercado más significativamente durante la intervención. Esto es particularmente cierto para el periodo 2007-2011 cuando los agentes negociaron casi la totalidad de la intervención durante esta. Para el periodo 2011-2019, los agentes incrementaron solo en un 25% de la intervención su volumen negociado, mostrando que los dos periodos se diferencian substancialmente con respecto a la respuesta del volumen negociado a la intervención. En términos de (K. M. Dominguez, 1998) la reducción de la volatilidad está relacionada con un mayor deseo de negociar en el mercado y, como resultado, un mayor *turnover*. Esto podría implicar que la intervención

795

por compra directa en el periodo 2011-2019 pudo ser ambigua o no creíble, lo cual explicaría su efecto sobre los retornos.

Finalmente, la intervención tiene un efecto marcado sobre el *bid/ask spread*, especialmente en un intervalo de tiempo amplio alrededor del inicio de la jornada. Esta reducción, sin embargo, es más fuerte para el periodo 2011-2019 que para el 2007-2011.

## References

- 805 Andersen, T., & Bollerslev, T. (1997). Intraday periodicity and volatility persistence in financial markets. *Journal of Empirical Finance*, 4(2-3), 115-158. Retrieved from <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:empfin:v:4:y:1997:i:2-3:p:115-158>
- Andersen, T. G., Bollerslev, T., Diebold, F. X., & Vega, C. (2003, March). Micro Effects of  
810 Macro Announcements: Real-Time Price Discovery in Foreign Exchange. *American Economic Review*, 93(1), 38-62. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/aea/aecrev/v93y2003i1p38-62.html>
- Angrist, J., & Pischke, J.-S. (2009). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion* (1st ed.). Princeton University Press. Retrieved from [https://EconPapers](https://EconPapers.repec.org/RePEc:pup:pbooks:8769)  
815 [.repec.org/RePEc:pup:pbooks:8769](https://EconPapers.repec.org/RePEc:pup:pbooks:8769)
- Archer, D. (2005, June). Foreign Exchange Market Intervention: Methods and Tactics. In BIS (Ed.), *Foreign Exchange Market Intervention in Emerging Markets: Motives, Techniques and Implications* (p. 40-55). Bank for International Settlements. Retrieved from <https://ideas.repec.org/b/bis/bisbps/24.html>
- 820 Backus, D. K., & Kehoe, P. J. (1989, May). On the denomination of government debt : A critique of the portfolio balance approach. *Journal of Monetary Economics*, 23(3), 359-376. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/eee/moneco/v23y1989i3p359-376.html>
- Benes, J., Berg, A., Portillo, R., & Vavra, D. (2015, February). Modeling Sterilized Interventions and Balance Sheet Effects of Monetary Policy in a New-Keynesian Framework. *Open Economies Review*, 26(1), 81-108. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/kap/openec/v26y2015i1p81-108.html> doi: 10.1007/s11079-014-9320-1
- BIS. (2005, June). *Foreign exchange market intervention in emerging markets: motives, techniques and implications* (Tech. Rep. No. 24). Bank for International Settlements.  
830 Retrieved from <https://ideas.repec.org/b/bis/bisbps/24.html>
- Branson, W. H., & Henderson, D. W. (1985). The specification and influence of asset markets. In R. W. Jones & P. B. Kenen (Eds.), *Handbook of International Economics* (Vol. 2, p. 749-805). Elsevier. Retrieved from <https://ideas.repec.org/h/eee/intchp/2-15.html>
- 835 Cavallino, P. (2019, April). Capital Flows and Foreign Exchange Intervention. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 11(2), 127-170. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/aea/aejmac/v11y2019i2p127-70.html>
- Chamon, M., Hofman, D., Lanau, S., Rawat, U., & Vari, M. (2019). The Effectiveness of Intervention. In M. Chamon, D. Hofman, N. Magud, & A. Werner (Eds.), *Foreign exchange intervention in inflation targeters in latin america* (p. 43-61). International Monetary Fund. doi: <http://dx.doi.org/10.5089/9781484375686.071>  
840
- Chamon, M., Hofman, D., Magud, N., & Werner, A. (2019a). *Foreign exchange inter-*

- vention in inflation targeters in latin america (M. Chamon, D. Hofman, N. Magud, & A. Werner, Eds.). International Monetary Fund. doi: <http://dx.doi.org/10.5089/9781484375686.071>
- 845 Chamon, M., Hofman, D., Magud, N., & Werner, A. (2019b). Introduction. In M. Chamon, D. Hofman, N. Magud, & A. Werner (Eds.), *Foreign exchange intervention in inflation targeters in latin america* (p. 1-5). International Monetary Fund. doi: <http://dx.doi.org/10.5089/9781484375686.071>
- 850 Chang, R. (2019, August). Foreign Exchange Intervention Redux. In A. Aguirre, M. Brunnermeier, & D. Saravia (Eds.), *Monetary Policy and Financial Stability: Transmission Mechanisms and Policy Implications* (Vol. 26, p. 205-247). Central Bank of Chile. Retrieved from <https://ideas.repec.org/h/chb/bcchsb/v26c07pp205-247.html>
- 855 Cheung, Y.-W., Chinn, M. D., Pascual, A. G., & Zhang, Y. (2017, March). *Exchange Rate Prediction Redux: New Models, New Data, New Currencies* (NBER Working Papers No. 23267). National Bureau of Economic Research, Inc. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/23267.html>
- Dominguez, K. M. (1998, February). Central bank intervention and exchange rate volatility. *Journal of International Money and Finance*, 17(1), 161-190. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/eee/jimfin/v17y1998i1p161-190.html>
- 860 Dominguez, K. M., & Frankel, J. A. (1993, December). Does Foreign-Exchange Intervention Matter? The Portfolio Effect. *American Economic Review*, 83(5), 1356-1369. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/aea/aecrev/v83y1993i5p1356-69.html>
- 865 Dominguez, K. M. E. (2003, January). The market microstructure of central bank intervention. *Journal of International Economics*, 59(1), 25-45. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/eee/inecon/v59y2003i1p25-45.html>
- Dominguez, K. M. E. (2006, November). When do central bank interventions influence intra-daily and longer-term exchange rate movements? *Journal of International Money and Finance*, 25(7), 1051-1071. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/eee/jimfin/v25y2006i7p1051-1071.html>
- 870 Edison, H. (1993). *The Effectiveness of Central-Bank Intervention: A Survey of the Literature after 1982* (Princeton Studies in International Economics No. 18). International Economics Section, Departement of Economics Princeton University,. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/fth/prinfi/18.html>
- 875 Fama, E. F. (1995). Random walks in stock market prices. *Financial Analysts Journal*, 51(1), 75-80. Retrieved from <https://doi.org/10.2469/faj.v51.n1.1861> doi: 10.2469/faj.v51.n1.1861
- 880 Fatum, R. (2015). Foreign exchange intervention when interest rates are zero: Does the portfolio balance channel matter after all? *Journal of International Money and Finance*, 57(C), 185-199. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/eee/jimfin/v57y2015icp185-199.html> doi: 10.1016/j.jimonfin.2015.0

- 885 Fatum, R., & Hutchison, M. M. (2010, April). Evaluating foreign exchange market intervention: Self-selection, counterfactuals and average treatment effects. *Journal of International Money and Finance*, 29(3), 570-584. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/eee/jimfin/v29y2010i3p570-584.html>
- Fuentes, M., Pincheira, P., Julio-Román, J. M., Rincón, H., García-Verdú, S., Zerecero, M., ... Moreno, R. (2014, September). *The effects of intraday foreign exchange market operations in Latin America: results for Chile, Colombia, Mexico and Peru* (BIS Working Papers No. 462). Bank for International Settlements. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/bis/biswps/462.html>
- 890 Hansen, L. P. (1982, July). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029-1054. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/ecm/emetrp/v50y1982i4p1029-54.html>
- 895 Hofman, D. J., d Chamon, M., Deb, P., Harjes, T., Rawat, U., & Yamamoto, I. (2020, January). *Intervention Under Inflation Targeting—When Could It Make Sense?* (IMF Working Papers No. 20/9). International Monetary Fund. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/imf/imfwpa/20-9.html>
- 900 Imbens, G. W., & Wooldridge, J. M. (2009, March). Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. *Journal of Economic Literature*, 47(1), 5-86. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/aea/jecclit/v47y2009i1p5-86.html>
- 905 Kearns, J., & Rigobon, R. (2002, July). *Identifying the Efficacy of Central Bank Interventions: The Australian Case* (NBER Working Papers No. 9062). National Bureau of Economic Research, Inc. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/9062.html>
- Kuersteiner, G. M., Phillips, D. C., & Villamizar-Villegas, M. (2018). Effective sterilized foreign exchange intervention? Evidence from a rule-based policy. *Journal of International Economics*, 113(C), 118-138. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/eee/inecon/v113y2018icp118-138.html> doi: 10.1016/j.jinteco.2018.04
- 910 Lyons, R. K. (2006). *The Microstructure Approach to Exchange Rates* (Vol. 1) (No. 026262205x). The MIT Press. Retrieved from <https://ideas.repec.org/b/mtp/titles/026262205x.html>
- 915 Meese, R., & Rogoff, K. (1983, January). The Out-of-Sample Failure of Empirical Exchange Rate Models: Sampling Error or Misspecification? In *Exchange Rates and International Macroeconomics* (p. 67-112). National Bureau of Economic Research, Inc. Retrieved from <https://ideas.repec.org/h/nbr/nberch/11377.html>
- Menkhoff, L. (2008). *High-Frequency Analysis of Foreign Exchange Interventions: What do we learn?* (CESifo Working Paper Series No. 2473). CESifo Group Munich. Retrieved from [https://ideas.repec.org/p/ces/ceswps/\\_2473.html](https://ideas.repec.org/p/ces/ceswps/_2473.html)
- 920 Menkhoff, L. (2013, September). Foreign Exchange Intervention in Emerging Markets: A Survey of Empirical Studies. *The World Economy*, 36(9), 1187-1208. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/bla/worldde/v36y2013i9p1187-1208.html>
- Montoro, C., & Ortiz, M. (2016, September). *Foreign exchange intervention and mone-*

- 925 *tary policy design: a market microstructure analysis* (Working Papers No. 2016-008). Banco Central de Reserva del Perú. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/rbp/wpaper/2016-008.html>
- Mussa, M. (1981). *The Role of Official Intervention* (Occasional Papers). New York: Group of Thirty. Retrieved from <https://group30.org/publications/detail/11>
- 930 Rogoff, K. S., & Meese, R. (1981). *Empirical exchange rate models of the seventies: are any fit to survive?* (International Finance Discussion Papers No. 184). Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.). Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/fip/fedgif/184.html>
- Rogoff, K. S., & Meese, R. (1983, February). Empirical exchange rate models of the  
935 seventies : Do they fit out of sample? *Journal of International Economics*, 14(1-2), 3-24. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/eee/inecon/v14y1983i1-2p3-24.html>
- Rubin, D. B. (1974). Estimating Causal Effects of Treatments in Randomized and Non-randomized Studies. *Journal of Educational Psychology*, 66(6), 688-701. Retrieved  
940 from <https://psycnet.apa.org/record/1975-06502-001>
- Sarno, L., & Taylor, M. P. (2003). *The Economics of Exchange Rates* (No. 9780521485845). Cambridge University Press. Retrieved from <https://ideas.repec.org/b/cup/cbooks/9780521485845.html>
- Serena, J. M., & Sousa, R. (2017, April). *Does exchange rate depreciation have contractionary effects on firm-level investment?* (BIS Working Papers No. 624). Bank  
945 for International Settlements. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/bis/biswps/624.html>
- Taylor, M. (1994). Exchange rate behaviour under alternative exchange rate regimes. In P. Kenen (Ed.), *Understanding Interdependence: The Macroeconomics of the Open Economy*. Princeton, NJ: Princeton University Press. Retrieved  
950 from <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691034089/understanding-interdependence>
- Taylor, M. P., & Sarno, L. (2001, September). Official Intervention in the Foreign Exchange Market: Is It Effective and, If So, How Does It Work? *Journal of Economic Literature*,  
955 39(3), 839-868. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/aea/jecolit/v39y2001i3p839-868.html>
- Vargas, H., González, A., & Rodríguez, D. (2013, June). Foreign exchange intervention in Colombia. In B. for International Settlements (Ed.), *Sovereign risk: a world without risk-free assets?* (Vol. 73, p. 95-125). Bank for International Settlements. Retrieved  
960 from <https://ideas.repec.org/h/bis/bisbpc/73-08.html>
- Weber, W. E. (1986). Do sterilized interventions affect exchange rates? *Quarterly Review*, 10(Sum), 14-23. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/fip/fedmqr/y1986isump14-23nv.10no.3.html>

