

BORRADORES DE ECONOMÍA

El impacto potencial de los
movimientos de portafolio de los
inversionistas extranjeros sobre la
tasa de cambio en Colombia

Por:

Sara Ariza-Murillo

Fredy Gamboa-Estrada

Camilo Andrés Orozco-Vanegas

Núm. 1261
2023



El impacto potencial de los movimientos de portafolio de los inversionistas extranjeros sobre la tasa de cambio en Colombia*

Sara Ariza-Murillo⁺

Fredy Gamboa-Estrada[♦]

Camilo Andrés Orozco-Vanegas[§]

Las opiniones contenidas en el presente documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

Resumen

Los movimientos de portafolio de los inversionistas extranjeros pueden afectar el mercado cambiario colombiano principalmente a través de la demanda por cobertura que realizan en el mercado de derivados cambiarios, y del cambio de dólares por pesos que se materializa al invertir en títulos de deuda pública (TES). Este artículo analiza el impacto potencial que pueden tener los movimientos de portafolio de estos inversionistas sobre la tasa de cambio de contado en Colombia. Utilizando modelos GARCH, los resultados evidencian que las variaciones de las posiciones de los inversionistas extranjeros en el mercado de non-delivery-forwards (NDF) y en el mercado de TES tienen un efecto estadísticamente significativo, pequeño y de corta duración sobre la tasa de cambio. Dicho efecto es mayor en el mercado de NDF. Adicionalmente, se evidencia una relación positiva y de muy corto plazo entre los retornos de la tasa de cambio y la variación de la posición neta de los inversionistas extranjeros (compras) en el mercado de NDF, mientras que dicha relación resulta negativa y más persistente para los flujos de inversión de los extranjeros en el mercado de TES.

Clasificación JEL: C22, F31, G15.

Palabras clave: Tasas de cambio, inversionistas extranjeros, derivados, TES, modelos GARCH.

* Los autores agradecen los comentarios de Andrés Murcia, Hernando Vargas, y Mauricio Villamizar durante la elaboración de este trabajo. Igualmente, agradecen los aportes de Cristhian Ruiz y Sebastián Corrales.

⁺ Profesional del Departamento de Operaciones y Análisis de Mercados, Banco de la República. E-mail: sarizamu@banrep.gov.co.

[♦] Investigador, Subgerencia Monetaria y de Inversiones Internacionales, Banco de la República. E-mail: fgamboes@banrep.gov.co. Autor de correspondencia en Carrera 7 #14-78, Bogotá, Colombia, Tel.+57 1 3430756.

[§] Profesional del Departamento de Operaciones y Análisis de Mercados, Banco de la República. E-mail: corozcva@banrep.gov.co.

The potential impact of foreign portfolio investments on the exchange rate in Colombia

Sara Ariza-Murillo

Fredy Gamboa-Estrada

Camilo Andrés Orozco-Vanegas

The opinions contained in this document are the sole responsibility of the authors and do not commit Banco de la República nor its Board of Directors.

Abstract

Foreign portfolio investments can affect the Colombian exchange market mainly through the demand for hedging that investors make in the foreign exchange derivatives market, and the exchange of dollars for pesos that materializes when investing in public debt securities (TES). This paper analyzes the potential impact that portfolio movements of foreign investors may have on the spot exchange rate in Colombia. Using GARCH models, the results evidence that changes in the positions of foreign investors in the non-delivery-forwards (NDF) market and in the TES market have a statistically significant, small and short-lived effect on the exchange rate. This effect is greater in the NDF market. Additionally, a positive and very short-term relationship is evident between the exchange rate returns and the variation in the net position of foreign investors (purchases) in the NDF market, while the relationship is negative and more persistent for investment flows of foreigners in the TES market.

JEL Classification: C22, F31, G15.

Keywords: Exchange rates, foreign investors, derivatives, TES, GARCH models.

1. Introducción

La participación de los inversionistas extranjeros (*offshore*) en el mercado de derivados sobre divisas en Colombia y en el mercado de TES creció significativamente durante la última década. La tasa de crecimiento anualizada de los montos negociados en el mercado de forwards peso-dólar entre 2013 y 2022 fue de 9.20%, superior al crecimiento anual promedio del PIB de 8.3%.¹ A finales de diciembre de 2022, el *offshore* participó activamente con el 50.9% de las operaciones con intermediarios del mercado cambiario (IMC) en dicho mercado, de las cuales el 96% correspondió a operaciones de bancos extranjeros. Por su parte, el 19.7% de las operaciones en el mercado de forwards peso-dólar correspondió a operaciones con otros IMC, el 16,5% a los Fondos de Pensiones y Cesantías (FPC), el 9,3% a empresas del sector real y el 3,6% a operaciones con otros agentes. El *offshore* aumentó su participación en el mercado de TES del 1% al 26% entre el 2010 y el 2022. Aunque los bancos extranjeros participaron con el 97% del total de inversiones en el 2010, dicha participación se redujo a 19% a finales de 2014. En 2022, su participación tan solo alcanzó el 3% del total del mercado. Los fondos mutuos, los fondos de pensiones internacionales y las autoridades monetarias externas han aumentado notablemente su participación en el mercado de TES durante los últimos años, alcanzando una participación en 2022 del 41%, 26%, y 14%, respectivamente.

Debido a la alta participación de los inversionistas extranjeros tanto en el mercado de derivados como en el mercado de TES, y a la evidencia encontrada por la literatura en cuanto al rol que tienen estos inversionistas en los dos mercados, en este documento se analiza el impacto potencial que estos agentes pueden tener sobre la tasa de cambio de contado en Colombia. Existen dos canales principales a través de los cuales las posiciones en ambos mercados pueden afectar la tasa de cambio de contado. El canal forward indica que, ante un aumento en las posiciones netas del *offshore* en el mercado de derivados, se espera un impacto sobre la tasa de cambio de contado, porque, generalmente, los IMC buscan mantener su exposición cambiaria cercana a cero, y la demanda por coberturas genera presiones en el mercado (Cardozo, Gamboa e Higuera, 2019). Por ejemplo, las compras (ventas) de USD de los IMC en el mercado de derivados al *offshore* podrían ser compensadas con ventas (compras) en el mercado cambiario de contado, lo cual generaría una apreciación (depreciación) del peso. El canal de TES o de flujos de portafolio sugiere que las inversiones del *offshore* en TES afectan la tasa de cambio por el cambio de dólares por pesos. Es decir, si los agentes traen dólares y los cambian por pesos, esto genera presiones hacia la apreciación de la tasa de cambio. Para evaluar estos canales, se utiliza una base de datos detallada que contiene información diaria de la tasa de cambio, y de las posiciones de los inversionistas extranjeros tanto en el mercado de derivados como en el mercado de TES por tipo de agente.

2. Antecedentes y características del mercado cambiario y de TES

El mercado de derivados OTC en Colombia ha aumentado en términos nominales. Al escalar los montos promedio diarios negociados por el PIB y comparar el mercado local con el de algunos pares de la región, se observa que en 2022 el mercado de derivados colombiano fue el segundo más grande en relación con el tamaño de su economía (después de Chile) (Gráfico 1). Por otra parte, al hacer el mismo ejercicio con el mercado de contado, se encuentra que la mayoría de los países tienen mercados spot relativamente similares, a excepción del mercado chileno que tiene un volumen promedio transado con respecto al PIB mayor que otras economías de la región.

¹ Corresponde a precios corrientes.

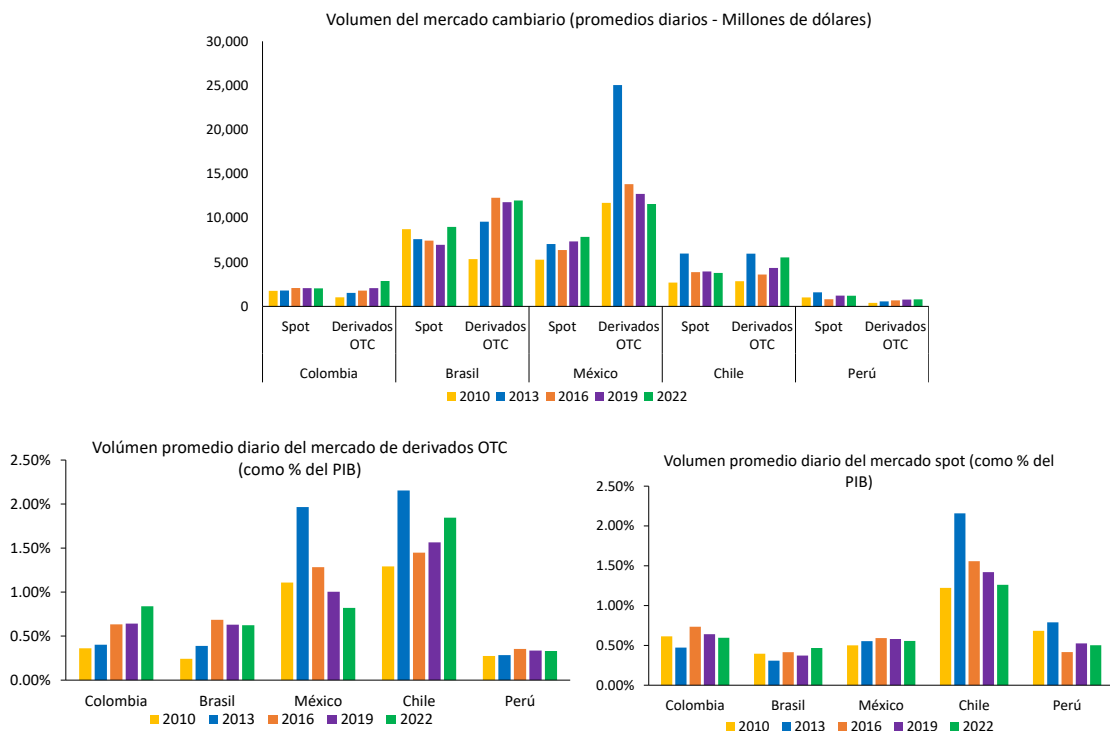


Gráfico 1. Volumen transado en el mercado cambiario en Latinoamérica. Fuente: Bank for International Settlements.

Al comparar los datos de la encuesta del Bank for International Settlements (BIS) del volumen promedio diario de operaciones spot relativo al volumen promedio diario de operaciones de derivados OTC, se puede observar que para Colombia esta relación ha disminuido y en 2022 fue de 0,7. Esta relación se ubicó en un nivel similar para países como Brasil, Chile y México para ese mismo año (Gráfico 2).

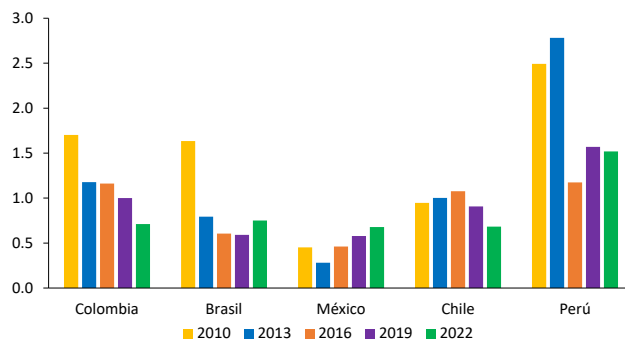


Gráfico 2. Relación del volumen promedio diario del mercado spot relativo al volumen promedio diario de derivados OTC. Fuente: Bank for International Settlements.

El aumento de los montos negociados en el mercado de derivados que tienen la tasa de cambio peso-dólar como activo subyacente se debe a factores como el aumento de la inversión de portafolio de agentes no residentes en Colombia² (Gráfico 3), el aumento de la inversión de portafolio en el exterior por parte de los FPC (Gráfico 4), y la mayor demanda por cobertura por

² La participación de los inversionistas extranjeros en el mercado se incrementó a partir de 2014, lo cual puede estar relacionado con el incremento de la participación de Colombia en los índices de deuda de países emergentes de JP Morgan ese año. La ponderación de Colombia en el índice pasó de 3,45% a 7,64% de diciembre de 2013 a diciembre de 2014, respectivamente.

parte del sector real, especialmente de las empresas importadoras (Cardozo, Rassa y Rojas, 2014). Aunque la dinámica de inversión de los agentes extranjeros en el mercado de TES y su posición a futuro en el mercado forward han presentado una tendencia similar (Gráfico 3), sugiriendo que parte de las inversiones en TES vienen acompañadas de coberturas en el mercado cambiario, algunos inversionistas extranjeros no realizan cobertura cambiaria de las posiciones en TES. Los inversionistas extranjeros en general compran títulos TES de mediano y largo plazo, y por tanto dichas inversiones no coinciden con las operaciones forward que son de corto plazo. Sin embargo, esta dinámica puede ser el resultado de una decisión pura de portafolio, dado que muchos inversionistas quieren asumir simultáneamente el riesgo cambiario y el riesgo de tasa de interés.

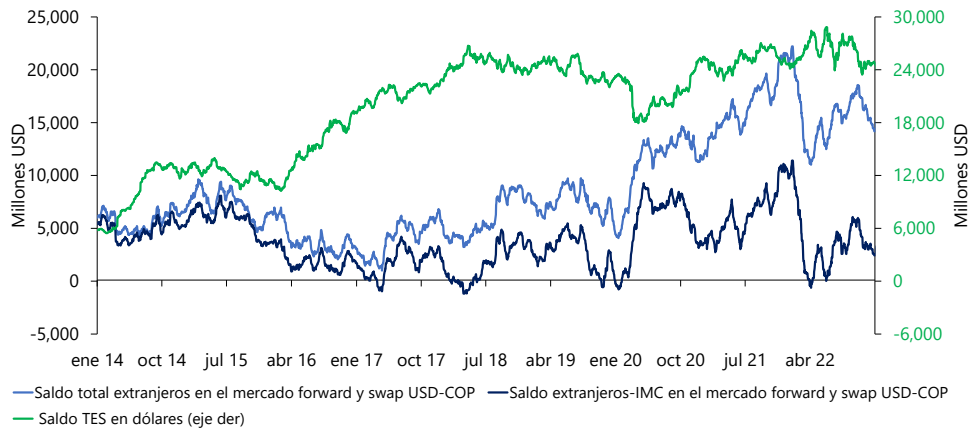


Gráfico 3. Saldo de inversionistas extranjeros en el mercado *forward* y *swaps* USD-COP y en el mercado de TES. Fuente: Banco de la República y Sistemas de Negociación y Registro de operaciones sobre divisas. Información actualizada al 31 de diciembre de 2022.

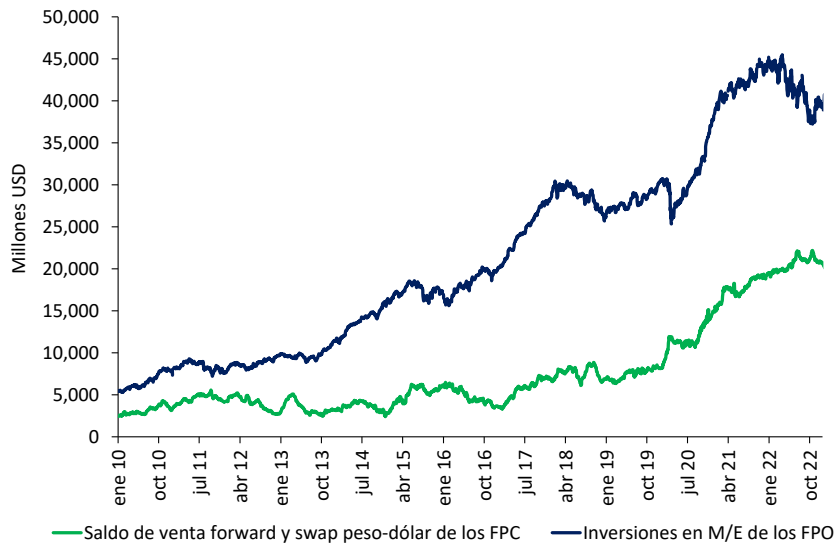


Gráfico 4. Inversiones en moneda extranjera y saldo de venta *forward* y *swap* peso-dólar de los fondos de pensiones. Notas: FPO corresponde a los Fondos de Pensiones Obligatorias, y FPC a los Fondos de Pensiones y Cesantías. Las inversiones en moneda extranjera de los fondos de pensiones obligatorias están a valor de mercado. El saldo forward y swap peso -dólar de los fondos de pensiones es negativo (vendedor neto). Fuente: reportes enviados al Banco de la República de acuerdo con lo estipulado en la Circular Reglamentaria Externa DODM-306 y DOAM-144 y Sistemas de Negociación y Registro sobre divisas. Información actualizada al 31 de diciembre de 2022.

Las operaciones forward peso-dólar se concentran principalmente en plazos menores a 35 días con una participación del 77,2% del total del mercado, lo cual puede reducir el riesgo de mercado (Ariza, et al., 2022). Al analizar la modalidad de cumplimiento, casi la totalidad de las operaciones se realizan con cumplimiento financiero (NDF).

Los inversionistas extranjeros y los FPC usualmente pactan sus operaciones en el mercado de derivados a corto plazo. Por ejemplo, los inversionistas extranjeros pueden utilizar el mercado de forwards peso-dólar para fines de cobertura o fines especulativos, mientras que los FPC suelen cubrir sus posiciones en el corto plazo motivados por la mayor liquidez en este mercado a dichos plazos (Cardozo, Rassa y Rojas, 2014). Por su parte, el sector real pacta sus coberturas a un mayor plazo, dada la exposición cambiaria de sus ingresos (o egresos), y los créditos en moneda extranjera (Cardozo, Rassa y Rojas, 2014; Alfonso, 2018).

Respecto al mercado de TES, su desarrollo ha incentivado la entrada de agentes externos que tienen un horizonte de inversión de largo plazo (Gamboa-Estrada y Sánchez-Jabba, 2022). El 72% de las inversiones de extranjeros en TES se concentran en el largo plazo. Se afirma que los flujos en TES obedecen más a condiciones externas que locales, presumiblemente porque la mayoría se asocia con inversionistas que siguen un benchmark. Anteriormente, la ponderación de los índices dependía de factores asociados con el grado de liquidez e indicadores de mercado, más que de variables locales como la calificación de riesgo y los niveles de déficit fiscal.

De acuerdo con Arslanalp et al. (2020), los inversionistas que asignan su portafolio siguiendo índices de referencia (benchmark-driven investors) representaron cerca del 60% de las inversiones de extranjeros en TES a finales de 2019. Los autores explican que un aumento en la participación de este tipo de inversionistas en el mercado de deuda pública tiene dos implicaciones. Primero, puede ser una fuente de vulnerabilidad dado que el país está más expuesto a choques externos (los flujos de capital son más sensibles a las condiciones externas). Adicionalmente, puede ser una fuente de resiliencia porque reduce la exposición de la economía a choques domésticos, dado que los flujos de capital responden menos a cambios de los fundamentales domésticos. No obstante, las ponderaciones a los índices pueden depender parcialmente de la evolución de las variables internas. Por otro lado, los inversionistas en TES que no siguen un benchmark o índice común pueden impactar de manera significativa los mercados de TES y cambiario.

3. Revisión de literatura

Pocos estudios se encuentran sobre el análisis de las posiciones de distintos agentes en el mercado de derivados y su impacto sobre la tasa de cambio. La literatura se ha concentrado principalmente en analizar los efectos de las posiciones netas de los especuladores en el mercado de derivados sobre la tasa de cambio de contado (Klitgaard y Weir (2004), Dodd y Griffith-Jones (2006), Torre y Provorova (2007), Vargas, Arenas, y Perrotini (2016)). Para el caso colombiano, Cardozo, Gamboa e Higuera (2019) analizan el rol del sector real y de los inversionistas extranjeros y FPC en el mercado de forwards peso-dólar y su impacto sobre la tasa de cambio.

La literatura ha evidenciado una relación fuerte entre las posiciones netas de los especuladores en el mercado de derivados. Se ha encontrado que al analizar el comportamiento del mercado de futuros sobre divisas en Estados Unidos se puede predecir la dirección de la tasa de cambio con una probabilidad de cerca del 75% (Klitgaard y Weir, 2004). Igualmente, en Latinoamérica se ha encontrado para el caso de Chile que el sector real reacciona menos a los movimientos de la tasa de cambio, y por tanto toma menores posiciones en el mercado de forwards, en la medida en que tenga más cubiertas sus posiciones en moneda extranjera (Dodd y Griffith-Jones, 2006). Antes de 1998, las empresas del sector real chileno no cubrían el riesgo cambiario proveniente de la deuda externa adquirida. Sin embargo, a partir de 1999, dicho

sector empezó a aumentar su cobertura a gran escala en el mercado de forwards, hasta el punto de que su exposición a la tasa de cambio estuvo cubierta por varios años, lo cual se evidenció en la poca variación de su posición neta en el mercado forward. Por su parte, aunque en México las transacciones de los especuladores en el mercado de futuros de divisas son un determinante fundamental de las fluctuaciones del peso mexicano, la relación entre estas variables no ha sido estable por el rápido crecimiento de dicho mercado (Torre y Provorova, 2007). Para el caso de Brasil se encuentra que las posiciones netas de los especuladores tienen un efecto contemporáneo y significativo sobre el tipo de cambio usando el enfoque de microestructura de la tasa de cambio (Vargas, Arenas, y Perrotini, 2016).

Cardozo, Gamboa e Higuera (2019) evidencian que existe una relación positiva entre la posición neta acumulada de los inversionistas extranjeros en el mercado de forwards peso-dólar y los retornos de la tasa de cambio, y una relación negativa para las posiciones del sector real en el mismo mercado. Los resultados empíricos muestran que, en el periodo analizado, un aumento de un millón de dólares en las compras netas de los inversionistas extranjeros en el mercado forward deprecia la tasa de cambio en 0.0009%, mientras que compras netas del sector real aprecian la tasa de cambio en 0.0013%. Por su parte, las compras netas por el mismo monto por parte de los FPC locales deprecian la tasa de cambio en 0.0010%. Sin embargo, también encuentran que dichos efectos no han sido estables en el tiempo y la tasa de cambio es menos sensible a las compras netas de cada contraparte en el mercado cambiario, lo cual podría estar relacionado con la profundización del mercado de forwards en los últimos años. Igualmente, aunque los datos reflejan que el sector real en algunos momentos pudo tomar posiciones contrarias a las tomadas por los inversionistas extranjeros, las estimaciones econométricas evidencian que el sector real no tuvo un rol estabilizador en el mercado de forwards entre 2008 y 2015, dado que ante compras netas por parte de inversionistas extranjeros no se encuentra evidencia empírica que el sector real tome una posición vendedora neta.

4. Metodología y Datos

Para evaluar el impacto que tienen las posiciones de los extranjeros en el mercado NDF y en el mercado de TES sobre la tasa de cambio, se utilizan datos diarios de la TRM, de la variación de la posición neta acumulada en forwards de los inversionistas extranjeros³, y de los flujos de TES entre el 2 de enero de 2014 hasta el 31 de agosto de 2022. Adicionalmente, como variables de control se incluyen variables que la literatura usa generalmente como los CDS de Colombia a 5 años, el diferencial de tasas entre el indicador bancario de referencia (IBR) y la tasa efectiva de los fondos federales (OIS), los precios del petróleo Brent, y las condiciones financieras de los Estados Unidos.⁴ Estas variables tienen en cuenta aspectos como el riesgo país, el costo de oportunidad al cual se enfrenta un inversionista al evaluar el diferencial de tasas entre los Estados Unidos y Colombia, las condiciones financieras globales que afectan la dinámica del mercado cambiario de una economía como la colombiana, y el comportamiento de los precios del petróleo, dado que las exportaciones en Colombia dependen fundamentalmente de este commodity, y su dinámica afecta directamente a la tasa de cambio.

En este documento se realiza un análisis de series de tiempo que incluye un análisis de correlaciones cruzadas, y modelos de alta frecuencia GARCH, los cuales se complementan con un enfoque de análisis espectral.

³ Las posiciones acumuladas para los inversionistas extranjeros incluyen los vencimientos de las operaciones.

⁴ El índice de condiciones financieras de los Estados Unidos es calculado por Bloomberg y describe el nivel general de estrés en los distintos mercados financieros de ese país. Un valor positivo indica condiciones financieras más flexibles, mientras que un valor negativo refleja condiciones financieras más restringidas.

El análisis de series de tiempo suele limitarse al análisis en el dominio del tiempo, ignorando la perspectiva de dominio de frecuencia. Aunque ambos contienen la misma información, difieren en términos de presentación e interpretación. El análisis en el dominio de frecuencia tiene como objetivos descomponer la variabilidad de una serie de tiempo en sus componentes periódicos, permitiendo determinar frecuencias relativamente más importantes que contribuyen a las fluctuaciones de la variable. Por lo tanto, el análisis espectral, el cual incluye la perspectiva de dominio de frecuencia, debe ser visto como una herramienta complementaria al análisis de series de tiempo.

Algunos estudios analizan el comportamiento de la tasa de cambio utilizando análisis espectral. Por ejemplo, Lega et al. (2007) usan el análisis espectral para analizar el comportamiento de la tasa de cambio, de los Emerging Markets Bonds Index (EMBI), y de índices bursátiles en distintas economías. Los autores encuentran que la tasa de cambio en Colombia presenta alta persistencia, y una amplitud (o magnitud de la onda) cercana a la del promedio de los otros países incluidos en la muestra. Rabanal y Ramírez (2015) encuentran que un alto porcentaje de la varianza de la tasa de cambio real en seis monedas de economías avanzadas se concentra en bajas frecuencias. Konstantakis et al. (2021) analizan como la pandemia del Covid-19 cambió la dinámica de la tasa de cambio del euro/dólar. Los autores usan pruebas de Granger de causalidad espectral para identificar los determinantes de la tasa de cambio antes y después del Covid-19, y encuentran que antes del Covid-19 los retornos de la tasa de cambio euro/dólar fueron causados estadísticamente al 5% y al 10% de significancia por la volatilidad diaria de la tasa de cambio euro/dólar en todas las frecuencias. Después del Covid-19 la volatilidad realizada del S&P 500 tuvo un rol importante en su comportamiento al 10% de significancia en un rango de tiempo de 3.09 a 66 días. Filardo, Gelos, y McGregor (2022) usan métodos de regresión espectral para analizar el rol de los fundamentales macroeconómicos en la determinación de la tasa de cambio real de equilibrio a distintas frecuencias (cortas, medias y largas) en 26 economías avanzadas y emergentes. Luego de estimar los ciclos de desalineamiento de la tasa de cambio a través del análisis espectral, analizan la efectividad de la intervención cambiaria, y encuentran que la intervención en el mercado cambiario es capaz de reducir desalineamientos de la tasa de cambio real en frecuencias cortas, y que dicha efectividad es menor en mercados más líquidos.

4.1. Análisis de correlaciones o dominio temporal

Este análisis incluye la determinación de funciones de autocorrelación y de correlaciones cruzadas entre la variación de las posiciones netas acumuladas de cada contraparte en el mercado de forwards peso-dólar con los retornos de la tasa de cambio.

Suponiendo que x_i representa la posición del tipo de contraparte i en el mercado cambiario o de TES, y y son los retornos de la tasa de cambio, la función de covarianza entre estas dos series con longitud n se define como:

$$R_{x_i y}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} E(x_{it} - u_{x_i})(y_{t+k} - u_y); k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, m \quad (1)$$

donde u_{x_i} y u_y son las medias de x_i y y , respectivamente. El punto de truncamiento m determina el dominio de esta función (el intervalo de tiempo en el cual se hace el análisis).

La función de correlación cruzada entre las series x_i y y es:

$$r_{x_i y}(k) = \begin{cases} \frac{R_{x_i y}(k)}{\sigma_{x_i} \sigma_y}; k > 0 \\ \frac{R_{x_i y}(-k)}{\sigma_{x_i} \sigma_y}; k < 0 \end{cases} \quad (2)$$

donde σ_{x_i} y σ_y son las varianzas de x_i y y , respectivamente.

También se considera el análisis de correlación cruzada sin tendencia de acuerdo con Zebende (2011) que permite identificar la relación o correlación entre dos variables en diferentes escalas de tiempo. Este es un método que permite identificar correlaciones cruzadas en diferentes momentos del tiempo en presencia de no estacionariedad. Este coeficiente es igual a la razón entre la función de covarianza sin tendencia y la función de varianza sin tendencia.

4.2. Análisis espectral o de dominio de frecuencias

Cualquier proceso estacionario tiene una representación tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia (Hamilton, 2020). El análisis espectral o de dominio de frecuencias ofrece información adicional sobre el comportamiento de las series de tiempo y de la estructura de la varianza. También es esencial en la identificación de fluctuaciones periódicas ocultas.

El proceso bajo investigación tiene que ser estacionario (tiene que fluctuar alrededor de un valor específico y ser estable hasta cierto grado, sin una tendencia positiva o negativa). El análisis espectral generalmente se emplea en el campo de la física (óptica, acústica, mecánica de fluidos, turbulencia), ingeniería eléctrica, geofísica (oceanografía, sismología), medicina. Esta técnica también se puede aplicar para el análisis de datos financieros que usualmente son de alta frecuencia.

El análisis espectral o de dominio de frecuencias trata de determinar qué tan importantes son los ciclos de diferentes frecuencias en el comportamiento de una determinada serie de tiempo (Dolinar, 2013). Esencialmente tiene que ver con la descomposición de un proceso estacionario en una suma de componentes sinusoidales con coeficientes aleatorios no correlacionados. La serie de tiempo observada se considera como (según el teorema de Fourier) una suma ponderada de series subyacentes que tienen diferentes patrones cíclicos, es decir, como una serie de Fourier, que es una combinación lineal de sinusoides de diferentes frecuencias y amplitudes (con esto se puede pasar del dominio de tiempo al dominio de frecuencia). Así, la varianza total de la serie de tiempo observada puede verse como una suma de las contribuciones de estas series subyacentes, que varían en diferentes frecuencias. Por lo tanto, el análisis espectral usualmente se usa para descomponer la varianza de la serie de tiempo observada.

Una herramienta en este análisis es el periodograma que se usa para identificar periodos dominantes o frecuencias de una serie de tiempo. Cuando la varianza del espectro no disminuye al tener un mayor número de observaciones, se suaviza el periodograma y así se elimina su variación irregular.

El análisis cruzado espectral se usa como parte del análisis espectral de la correlación cruzada o de la covarianza cruzada entre dos series. Su objetivo es determinar la relación entre los componentes sinusoidales de un par de series de tiempo. En el dominio del tiempo el análisis de correlación entre dos series es el equivalente al análisis espectral cruzado en el dominio de la frecuencia (Iyer & Roy, 2009)

El espectro cruzado de un par de series de tiempo x_t y y_t se define como la transformación de Fourier de su función de covarianza (Ronderos, 2022). Para ello se requiere definir la función generadora de covarianza:

$$R_{xy}(L) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} R_{xy}(k)L^k \quad (3)$$

donde $R_{xy}(k)$ representa la función de covarianza cruzada entre x_t y y_{t+k} , y L es el operador de rezago. De esta manera el espectro cruzado está dado por:

$$f_{xy}(w) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} R_{xy}(k) e^{-iwk} \quad (4)$$

donde e^{-iwk} es la fórmula de Euler $e^{-iwk} = \cos(wk) - i\sin(wk)$. De esta manera, el espectro cruzado mide la dependencia lineal en todos los rezagos y adelantos entre las series⁵. En el Apéndice A se encuentran más detalles de la definición teórica del espectro cruzado entre dos variables.

4.3. Análisis de series de tiempo

Se estima un modelo GARCH para la variación de la posición de los inversionistas extranjeros en el mercado de forwards, y de TES, incluyendo variables de control que tradicionalmente usa la literatura en el análisis del comportamiento de la tasa de cambio. La ecuación de la media del modelo GARCH (1,1) para los retornos de la tasa de cambio tiene la siguiente especificación⁶:

$$\Delta TRM_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta TRM_{t-1} + \beta_2 \Delta Offshore_t + \beta_5 \Delta CDS_t + \beta_6 \Delta DIFINT_t + \beta_7 \Delta Brent_t + \beta_8 \Delta Condiciones_Fin_US_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$$

y la ecuación de la varianza es igual a:

$$\sigma_t^2 = w + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (6)$$

donde ΔTRM_t son los retornos de la tasa de cambio, $\Delta Offshore_t$ es la variación de la posición neta acumulada de los inversionistas extranjeros en el mercado forward o de TES, ΔCDS_t es la variación de los CDS de Colombia a 5 años, $\Delta DIFINT_t$ es la variación del diferencial de tasas entre el IBR para Colombia y la OIS para Estados Unidos, $\Delta Brent_t$ son los retornos de los precios del petróleo Brent, y $\Delta Condiciones_Fin_US_t$ es la variación de las condiciones financieras de los Estados Unidos. Para analizar la estabilidad de los coeficientes se estima un modelo GARCH con coeficientes recursivos. Igualmente, se estima un modelo VARX-GARCH para abordar posibles problemas de endogeneidad en la ecuación de la media del modelo GARCH.

5. Resultados

En el Gráfico 5 se describe el comportamiento diario de los retornos de la tasa de cambio y de la variación en la posición neta acumulada del *offshore* en el mercado forwards y de TES. Se observa una relación positiva entre la variación en las posiciones netas del *offshore* y la tasa de cambio. En línea con lo esperado, se encuentra que en promedio cuando el *offshore* realiza compras netas de dólares a futuro, la tasa de cambio spot se deprecia. De otra parte, y también en línea con lo esperado, se observa una relación negativa y significativa entre la variación del

⁵ Existen distintos comandos para estimar espectros cruzados. Por ejemplo, en Stata el comando es *COSPECTDENS*, y en Eviews es *Cross Spectra*.

⁶ Se hicieron las respectivas pruebas de raíz unitaria y todas las variables resultaron ser no estacionarias, y por tal razón se incluyen en primeras diferencias. En otros ejercicios se incluyeron las variaciones de las posiciones forward del sector real, de los fondos de pensiones y cesantías locales, y del intragrupo, y los resultados son robustos.

saldo del *offshore* en el mercado de TES y la tasa de cambio. En promedio cuando el *offshore* realiza compras netas de TES la tasa de cambio se aprecia.⁷

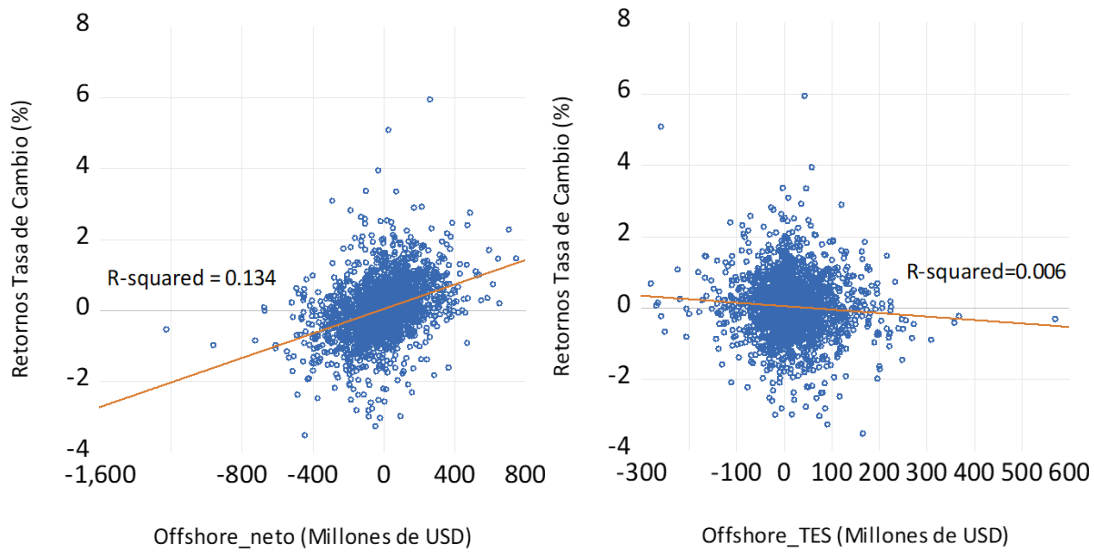


Gráfico 5. Retornos de la tasa de cambio y variación en la posición neta acumulada del *offshore* en el mercado NDF y en el mercado de TES. Fuente: cálculos de los autores con información del Banco de la República.

También se encuentra que la correlación entre las variables analizadas es de corta duración. De acuerdo con el análisis de correlaciones cruzadas sin tendencia se evidencia una correlación débil entre los retornos de la tasa de cambio y las variaciones en las posiciones netas del *offshore* en el mercado NDF, que converge a cero después de 90 días (Gráfico 6). La correlación contemporánea cruzada del análisis con tendencia evidencia una correlación de 0.37 entre estas dos variables, que se desvanece después de 1 día. El análisis de correlaciones cruzadas sin tendencia para los retornos de la tasa de cambio y los flujos de inversionistas extranjeros en TES reporta una correlación débil entre estas variables (Gráfico 6). No existe una tendencia clara de dicha correlación en el tiempo. Igualmente, el análisis de correlaciones cruzadas con tendencia evidencia una correlación contemporánea de -0.07 entre estas variables.



Gráfico 6. Coeficiente de correlación cruzada sin tendencia entre los retornos de la tasa de cambio y la variación en la posición neta acumulada del *offshore* en el mercado NDF y de TES. Fuente: cálculos de los autores.

⁷ El R^2 en el Gráfico 5 indica que el 13% de la variación de los retornos de la tasa de cambio es explicado por cambios en la posición neta del *offshore* en el mercado forward, mientras que el 0.6% es explicado por los flujos de TES por parte de extranjeros.

El análisis espectral evidencia que la correlación más alta entre los retornos de la tasa de cambio y las variaciones de las posiciones del *offshore* en el mercado NDF es de muy corto plazo y se presenta en ciclos de 37 días, mientras que la correlación más alta de la tasa de cambio con los flujos del *offshore* en el mercado de TES se presenta en ciclo más largos (50 días) que lo observado en el mercado NDF (Gráfico 7).

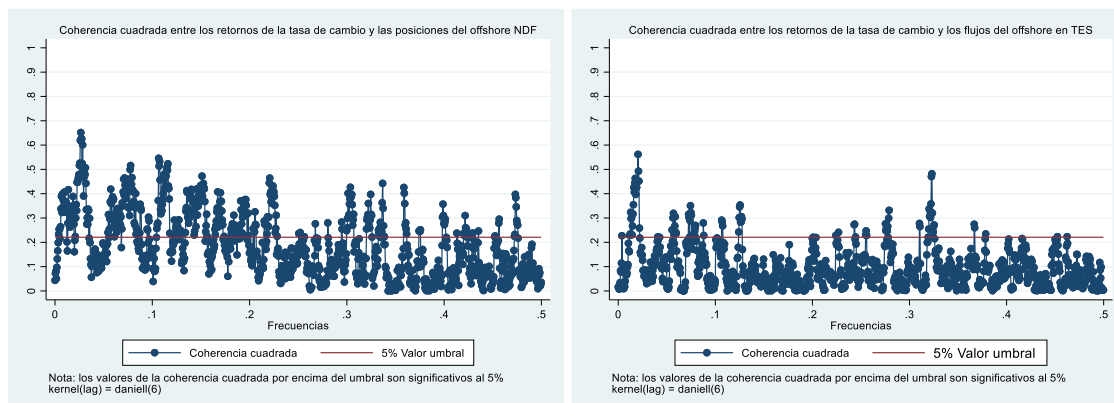


Gráfico 7. Coherencia cruzada entre los retornos de la tasa de cambio y la variación en la posición neta acumulada del *offshore* en el mercado NDF y de TES. Fuente: cálculos de los autores.

Los resultados de los modelos GARCH (1,1) se reportan en las Tablas 1 y 2.⁸ En la Tabla 1 se muestran los resultados para el mercado NDF.⁹ En la columna 1 se incluyen los resultados de la Ec. 5, en la columna 2 se reemplaza la variación de las posiciones netas del offshore en el mercado NDF por su participación en el mercado NDF, y en las columnas 3 y 4 se reportan los resultados de los dos agentes más importantes del offshore en el mercado NDF, los bancos extranjeros y los fondos mutuos, respectivamente. Se evidencia que las variaciones en las posiciones del *offshore* en el mercado NDF tienen un impacto relativamente pequeño y estadísticamente significativo sobre la tasa de cambio, después de controlar por otros factores como el riesgo soberano, el comportamiento de los precios del petróleo, el diferencial de tasas, y las condiciones financieras de los Estados Unidos. En particular, se evidencia en la columna 1 que un aumento de USD 1000M en la posición del *offshore* en NDF está asociado con una depreciación de la tasa de cambio de 1.2%. Sin embargo, dado que en promedio las compras netas del *offshore* en NDF fueron de tan solo USD -1.96M en el periodo analizado, el impacto sobre la tasa de cambio es de -0.002%. En la columna 2 se observa que ante un aumento del 1% en la participación del *offshore* en el mercado NDF, la tasa de cambio se deprecia en 0.002%. Adicionalmente, en las columnas 3 y 4, se evidencia que las posiciones de los fondos mutuos en NDF tienen un mayor impacto sobre la tasa de cambio que los bancos extranjeros. Las variables de control en todas las especificaciones tienen los signos esperados. Por ejemplo, en la columna 1 se observa que un aumento de los CDS que en promedio fueron de 7 pb durante el periodo analizado, está asociado con una depreciación de la tasa de cambio de 0.37%, mientras que un aumento del diferencial de tasas de interés, de los retornos de los precios del petróleo, y un

⁸ Se hacen las pruebas de normalidad de los errores y se rechaza la hipótesis nula de ruido blanco en los residuales del modelo. Igualmente se analizan los gráficos cuantil-cuantil (QQ plots) para los errores suponiendo distintas distribuciones, y se encuentra que el modelo GARCH estimado se ajusta más a una distribución de t de student.

⁹ Dado que las posiciones del *offshore* en el mercado NDF pueden depender de otros factores, se estimaron modelos GMM instrumentalizando esta variable. Los rezagos de las posiciones del *offshore* son los instrumentos más adecuados. Los resultados de los modelos GMM incluyendo estos instrumentos son robustos a las estimaciones de los modelos GARCH.

relajamiento de las condiciones financieras de los Estados Unidos aprecian la tasa de cambio. Los resultados reportados en las columnas 2, 3, y 4 son robustos y con los signos esperados.

Tabla 1. Modelo GARCH (1,1) para los retornos de la tasa de cambio y las posiciones del offshore en el mercado NDF (02/01/2014-31/08/2022)

Ecuación de la media				
<i>Offshore</i>	0.0012*** (0.0001)			
Participación <i>Offshore</i>		0.0018* (0.0011)		
Bancos extranjeros			0.0012*** (0.0001)	
Fondos mutuos				0.0014*** (0.0004)
CDS	0.0529*** (0.0054)	0.0599*** (0.0055)	0.0536*** (0.0054)	0.0596*** (0.0056)
Diferencial de tasas	-0.4879*** (0.1863)	-0.4309** (0.2048)	-0.4912** (0.1896)	-0.4396** (0.2029)
Brent	-0.0419*** (0.0070)	-0.0494*** (0.0073)	-0.0425*** (0.0070)	-0.0486*** (0.0073)
Condiciones Fin U.S.	-0.6385*** (0.1654)	-0.7056*** (0.1844)	-0.6292*** (0.1685)	-0.7045*** (0.1839)
Constante	0.0279** (0.0118)	-0.0686 (0.0561)	0.0268** (0.0119)	0.0255** (0.0123)
Ecuación de la varianza				
α_1	0.0735*** (0.0141)	0.0674*** (0.0157)	0.0726*** (0.0142)	0.0704*** (0.0161)
α_2	0.9118*** (0.0181)	0.9189*** (0.0207)	0.9119*** (0.0184)	0.9155*** (0.0209)
Constante	0.0070** (0.0028)	0.0073** (0.0036)	0.0072** (0.0029)	0.0076** (0.0036)
R-squared	0.350	0.290	0.346	0.296
Durbin-Watson stat	2.038	2.022	2.045	2.007
Log-Likelihood	-1918.250	-2039.241	-1929.656	-2034.449
Observaciones	2110	2110	2110	2110

En el Gráfico 8 se muestran los coeficientes recursivos del modelo GARCH reportados en la Tabla 1 asociados a las compras netas diarias del *offshore* en el mercado NDF y de su participación. Al analizar la evolución de estos coeficientes en el tiempo, se evidencia que han permanecido relativamente estables a lo largo del periodo analizado. Sin embargo, cuando el periodo de análisis inicia en 2008, se encuentra que los retornos de la tasa de cambio eran más sensibles a cambios en las posiciones del *offshore* al inicio de la muestra, lo cual implica que para inducir una variación determinada del tipo de cambio se necesitaría un cambio cada vez mayor en las posiciones netas del *offshore* en el mercado forward.

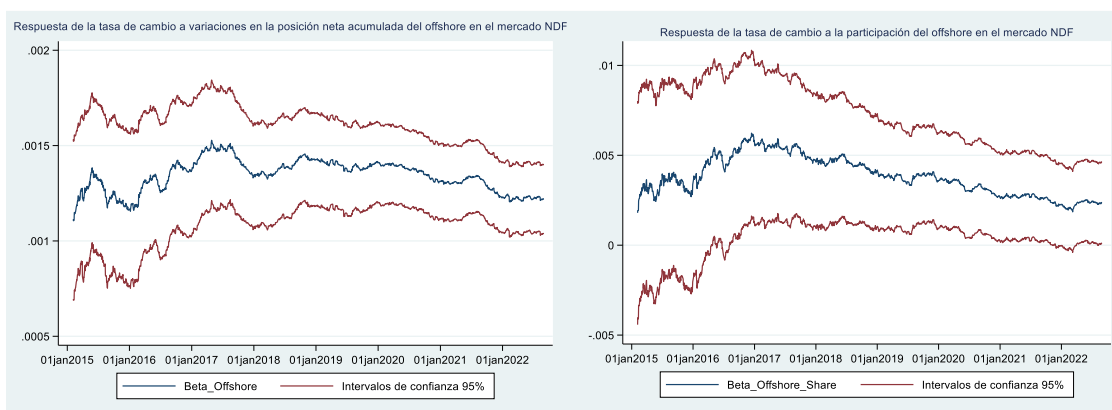


Gráfico 8. Coeficientes recursivos del modelo GARCH (1,1) para la variación neta y la participación de las posiciones del *offshore* en el mercado NDF. Fuente: cálculos de los autores.

Los resultados para el mercado de TES (Tabla 2) indican que las variaciones en las posiciones del *offshore* en este mercado tienen un impacto económico estadísticamente significativo sobre la tasa de cambio, aún después de controlar por otros factores como el riesgo soberano, el comportamiento de los precios del petróleo, el diferencial de tasas, y las condiciones financieras de los Estados Unidos.¹⁰ En la columna 1, se evidencia que un aumento de USD 1000M en los flujos del *offshore* en TES está asociado con una apreciación de la tasa de cambio de 0.5%. Dado que en promedio las compras del *offshore* en TES durante el periodo analizado fueron de USD 17.1M, la tasa de cambio se aprecia en 0.009%. En las columnas 2 a 4 se incluye la variación de las posiciones de los agentes externos que tienen una mayor participación en este mercado. Se observa que las posiciones de los fondos de pensiones externos en TES tienen una mayor influencia sobre la tasa de cambio que los fondos mutuos y las autoridades monetarias. En la columna 5 se incluye una proxy diaria de los flujos de portafolio de la balanza cambiaria, y el coeficiente de -0.6% es similar al obtenido en la columna 1. El impacto que tienen las inversiones del *offshore* en TES es menor al observado para el mercado NDF. Este resultado puede estar relacionado con el horizonte de inversión de más largo plazo de las operaciones en el mercado de TES comparado con los horizontes de inversión de las operaciones del mercado NDF que son de más corto plazo.

¹⁰ En las estimaciones para el mercado de TES se usan las mismas variables de control que se incluyen para el mercado NDF. Sin embargo, otras variables como el nivel de deuda pública pueden ser importantes para explicar el mercado de TES, pero dado que los datos son de frecuencia diaria, la información para algunas variables no está disponible.

Tabla 2. Modelo GARCH (1,1) para los retornos de la tasa de cambio y las posiciones del offshore en el mercado de TES (02/01/2014-31/08/2022)

Ecuación de la media					
Offshore	-0.0005*** (0.0002)				
Fondos mutuos		-0.0005* (0.0003)			
Fondos de pensiones			-0.0017** (0.0008)		
Autoridades monetarias				-0.0012* (0.0006)	
Flujos de portafolio BC					-0.0006*** (0.0002)
CDS	0.0597*** (0.0055)	0.0600*** (0.0055)	0.0602*** (0.0056)	0.0602*** (0.0056)	0.0597*** (0.0055)
Diferencial de tasas	-0.4195** (0.2086)	-0.4251** (0.2075)	-0.4482** (0.2091)	-0.4336** (0.2052)	-0.4138** (0.2054)
Brent	-0.0497*** (0.0073)	-0.0494*** (0.0073)	-0.0495*** (0.0072)	-0.0493*** (0.0073)	-0.0495*** (0.0073)
Condiciones Fin. U.S.	-0.6834*** (0.1842)	-0.6888*** (0.1839)	-0.6803*** (0.1859)	-0.6915*** (0.1836)	-0.6769*** (0.1822)
Constante	0.0348*** (0.0127)	0.0289** (0.0125)	0.0323** (0.0129)	0.0290** (0.0127)	0.0358*** (0.0126)
Ecuación de la varianza					
α_1	0.0679*** (0.0153)	0.0688*** (0.0156)	0.0683*** (0.0157)	0.0670*** (0.0155)	0.0669*** (0.0148)
α_2	0.9194*** (0.0199)	0.9177*** (0.0203)	0.9181*** (0.0205)	0.9196*** (0.0205)	0.9217*** (0.0190)
Constante	0.0069** (0.0034)	0.0073** (0.0035)	0.0073** (0.0035)	0.0072** (0.0035)	0.0064** (0.0032)
R-squared	0.292	0.290	0.291	0.291	0.293
Durbin-Watson stat	2.020	2.023	2.018	2.024	2.021
Log-Likelihood	-2036.332	-2039.005	-2037.928	-2038.943	-2033.108
Observaciones	2110	2110	2110	2110	2110

El coeficiente estimado del modelo recursivo GARCH para los flujos de TES del *offshore* se ha reducido durante el periodo analizado, lo cual indica que ante un aumento de las inversiones de extranjeros en TES la tasa de cambio se aprecia menos (Gráfico 9). Este resultado puede estar relacionado con el mayor desarrollo del mercado TES, y al aumento en el número de participantes.

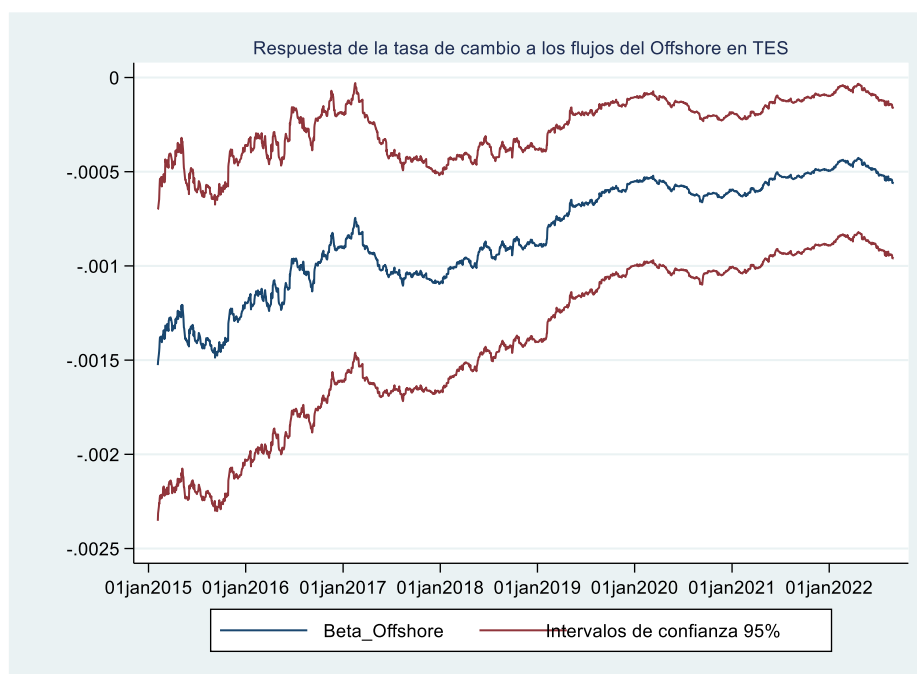


Gráfico 9. Coeficientes recursivos del modelo GARCH (1,1) para los flujos del *offshore* en TES. Fuente: cálculos de los autores.

Los resultados son robustos al incluir en la misma regresión las variaciones en las posiciones del *offshore* en el mercado NDF y en el mercado de TES. Dado que los coeficientes son muy similares a los obtenidos anteriormente, esto podría indicar que lo que ocurre en un mercado no necesariamente determina la dinámica del otro (Apéndice B). Igualmente, se estima un modelo VARX-GARCH con varianza desconocida de acuerdo con Brüggemann, Jentsch, & Trenkler (2016) para abordar posibles problemas de endogeneidad. Los resultados son robustos a los obtenidos en las estimaciones GARCH (Apéndice C). Un choque a los cambios de la posición del *offshore* en el mercado NDF tiende a depreciar la tasa de cambio de manera rezagada. Estos choques se desvanecen entre 3 y 5 días, mientras que el impacto de un choque en los flujos del *offshore* en el mercado de TES sobre los retornos de la tasa de cambio es cercano a cero.

6. Conclusiones

Las variaciones de las posiciones del *offshore* en el mercado de NDF y en el mercado de TES tienen un impacto estadísticamente significativo y de corta duración, aunque relativamente pequeño, sobre los retornos de la tasa de cambio, aún después de controlar por el efecto de otras variables como los CDS, los precios del petróleo, el diferencial de tasas de interés y las condiciones financieras de los Estados Unidos. De acuerdo con los resultados de los modelos estimados, un aumento de USD 1000M en las compras netas del *offshore* en el mercado forward está asociado con una depreciación del tipo de cambio de 1.2%, mientras que un aumento de la misma magnitud en el mercado de TES está asociado con una apreciación de la tasa de cambio de 0.5%.

Los efectos de las posiciones del *offshore* en el NDF sobre la tasa de cambio son de corto plazo, a diferencia del mercado de TES que por la estructura del mercado las inversiones se efectúan a

mediano y a largo plazo. Se evidencia que a medida que el mercado de TES se ha desarrollado, el impacto de las posiciones de los extranjeros en TES es cada vez menor.

Aunque el efecto de los extranjeros en el mercado de TES es menor al observado en el mercado NDF, las posiciones de los extranjeros en el mercado de deuda pública pueden afectar el mercado cambiario dado que responden usualmente a choques globales, y cerca del 60% de los inversionistas extranjeros que invierten en el mercado de TES en Colombia siguen índices de referencia, lo cual hace más sensibles sus decisiones de inversión a factores globales. Por tal razón, resulta importante monitorear y entender el comportamiento de estos agentes en los mercados locales, así como su interconexión.

Referencias

- Alfonso-Corredor, V. A. (2018). El uso de forwards peso dólar en las empresas colombianas del sector real. Borradores de Economía; No. 1058.
- Ariza-Murillo, S., Barreto-Ramírez, I. A., Martínez-Cruz, D. A., & Ruiz-Cardozo, C. H. (2022). Caracterización del mercado de contado y forward peso-dólar en Colombia: un análisis de la microestructura del mercado durante el periodo 2013 a 2020. Borradores de Economía; No. 1203.
- Breitung, J., and B. Candelon. 2006. Testing for short- and long-run causality: A frequency-domain approach. *Journal of Econometrics* 132: 363–378.
- Brüggemann, R., Jentsch, C., & Trenkler, C. (2016). Inference in VARs with conditional heteroskedasticity of unknown form. *Journal of econometrics*, 191(1), 69-85.
- Cardozo-Alvarado, N., Rassa-Robayo, J. S., & Rojas-Moreno, J. S. (2014). Caracterización del mercado de derivados cambiarios en Colombia. Borradores de Economía; No. 860.
- Cardozo, P., Gamboa-Estrada, F., & Higuera-Barajas, J. (2019). El rol del sector real en el mercado de derivados y su impacto sobre la tasa de cambio (No. 1079). Banco de la República de Colombia.
- Dodd, R., & Griffith-Jones, S. (2006). Report on derivatives markets: stabilizing or speculative impact on Chile and a comparison with Brazil.
- Dolinar, A. L. (2013). Spectral Analysis of Exchange Rates. *International Journal of Organizational Leadership*, 2(1), 21-28.
- Engle, R. F., & Kroner, K. F. (1995). Multivariate simultaneous generalized ARCH. *Econometric theory*, 11(1), 122-150.
- Filardo, A., Gelos, G., & McGregor, T. (2022). Exchange-Rate Swings and Foreign Currency Intervention.
- Geweke, J. 1982. Measurement of linear dependence and feedback between multiple time series. *Journal of the American Statistical Association* 77: 304–313.
- Granger, C. W. J. 1969. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica* 37: 424–438.
- Hamilton, J. D. (2020). *Time series analysis*. Princeton university press.
- Hosoya, Y. 1991. The decomposition and measurement of the interdependency between second-order stationary processes. *Probability Theory and Related Fields* 88: 429–444.
- Iyer, V., & Chowdhury, K. R. (2009). Spectral Analysis: Time Series Analysis in Frequency Domain. *IUP Journal of Applied Economics*, 8.
- Klitgaard, T., & Weir, L. (2004). Exchange rate changes and net positions of speculators in the futures market. *FRBNY Economic Policy Review*, 17-28.
- Konstantakis, K. N., Melissaropoulos, I. G., Daglis, T., & Michaelides, P. G. (2021). The euro to dollar exchange rate in the Covid-19 era: Evidence from spectral causality and Markov-switching estimation. *International Journal of Finance & Economics*.
- Lega, P. F., Murcia, A., Vásquez, D., & Venegas, T. (2007). Volatilidad de la tasa de cambio nominal en Colombia (No. 004390). Banco de la República.

Rabanal, P., & Rubio-Ramirez, J. F. (2015). Can international macroeconomic models explain low-frequency movements of real exchange rates? *Journal of International Economics*, 96(1), 199-211.

Ronderos, N. (2022). Cross-spectral analysis – Eviews add-in.

Torre Cepeda, L. E., & Provorova Panteleyeva, O. (2007). Tipo de cambio, posiciones netas de los especuladores y el tamaño del mercado de futuros del peso mexicano. *Economía mexicana, Nueva Época*, 16(1), 5-46.

Vargas, A. S., Arenas, G., & Perrotini, I. (2016). Los fundamentales, las posiciones netas de los especuladores y el tipo de cambio en Brasil. *Problemas del Desarrollo*, 47(186), 161-190.

Zebende, G. F. (2011). DCCA cross-correlation coefficient: Quantifying level of cross-correlation. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(4), 614-618.

Apéndice A. Espectro cruzado – Análisis espectral

El espectro cruzado se puede expresar como:

$$f_{xy}(w) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} R_{xy}(k) (\cos(wk) - i \operatorname{sen}(wk)) = c_{xy}(w) - iq_{xy}(w)$$

donde

$$c_{xy}(w) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} R_{xy}(k) \cos(wk)$$

$$q_{xy}(w) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} R_{xy}(k) \sin(wk)$$

Igualmente, el espectro cruzado se puede expresar de la siguiente manera:

$$f_{xy}(w) = A_{xy}(w) e^{i\phi_{xy}(w)}$$

donde

$$A_{xy}(w) = (c_{xy}(w)^2 + q_{xy}(w)^2)^{1/2}$$

$$\phi_{xy}(w) = \tan^{-1}\left(\frac{-q_{xy}(w)}{c_{xy}(w)}\right)$$

donde la frecuencia $w_t = \alpha \cos(wt) + \beta \operatorname{sen}(wt) = \rho \cos(wt + \theta)$ y ρ es la amplitud de w_t y θ es el ángulo de fase. En este sentido $A_{xy}(w)$ y $\phi_{xy}(w)$ se conocen como el espectro de amplitud cruzada que nos da la distribución de pequeñas amplitudes respecto a la frecuencia (covarianza entre el componente de frecuencia w de x_t y el componente de frecuencia w de y_t) y el espectro de fase indica el ángulo (o tiempo) por el cual una serie precede o lidera a la otra serie como una función de frecuencia, respectivamente, es decir, si una serie anticipa los movimientos de la otra. Si $\phi_{xy}(w)$ es negativo, significa que x_t anticipa los movimientos de y_t a la frecuencia w . Existen otras funciones que ayudan a interpretar las estimaciones del espectro cruzado. Por ejemplo, la función de coherencia cuadrada definida como $K_{xy}^2(w) = \frac{|f_{xy}(w)|^2}{f_x(w)f_y(w)}$ se usa para analizar la relación entre dos señales o series.

Apéndice B. Modelo GARCH (1,1) para los retornos de la tasa de cambio y las posiciones del offshore en el mercado NDF y de TES (02/01/2014-31/08/2022)

Ecuación de la media			
Offshore_NDF	0.0012*** (0.0001)		0.0012*** (0.0000)
Offshore_TES		-0.0005*** (0.0002)	-0.0006*** (0.0002)
CDS	0.0529*** (0.0054)	0.0597*** (0.0055)	0.0521*** (0.0054)
Diferencial de tasas	-0.4879*** (0.1863)	-0.4195** (0.2086)	-0.4536** (0.1875)
Brent	-0.0419*** (0.0070)	-0.0497*** (0.0073)	-0.0424*** (0.0070)
Condiciones Fin. U.S.	-0.6385*** (0.1654)	-0.6834*** (0.1842)	-0.6363*** (0.1680)
Constante	0.0279** (0.0118)	0.0348*** (0.0127)	0.0396*** (0.0122)
Ecuación de la varianza			
α_1	0.0735*** (0.0141)	0.0679*** (0.0153)	0.0686*** (0.0157)
α_2	0.9118*** (0.0181)	0.9194*** (0.0199)	0.9196*** (0.0196)
Constante	0.0070** (0.0028)	0.0069** (0.0034)	0.0058** (0.0027)
R-squared	0.350	0.292	0.353
Durbin-Watson stat	2.038	2.020	2.035
Log-Likelihood	-1918.250	-2036.332	-1910.873
Observaciones	2110	2110	2110

Apéndice C. Impulso respuesta del modelo VARX-GARCH con varianza desconocida.

