

La Efectividad de las Políticas del Banco Central sobre los Mercados Cambiarios Colombianos*

Por:

Jairo Fernando Gudiño Rosero

Universidad del Valle

Director:

Inés María Ulloa Villegas

Universidad del Valle

RESUMEN

Se estudia empíricamente la efectividad de dos herramientas de política económica del Banco de la República, intervenciones cambiarias y política monetaria, a través de la tasa interbancaria, sobre la tasa spot peso/dólar a partir de series diarias entre noviembre de 2007 y marzo de 2015 y sobre la tasa de futuros entre junio de 2009 y marzo de 2015. A partir de diversos modelos econométricos (EGARCH-X, Logit, Gompit, VAR-DCC/CCC-GARCH), se encuentra que: (1) Las intervenciones cambiarias no tienen efectos significativos sobre los niveles y volatilidades de las tasas spot y futuros TRM. Las compras directas de dólares tienen efectos inestables y pequeños sobre los niveles, mientras que los otros tipos de intervención no registran efectos significativos; (2) Existe tendencia inercial de las tasas spot y futuros cuando registran aumentos pero no disminuciones, de manera que el margen de acción de política durante depreciaciones es limitado; (3) La tasa interbancaria como proxy de la tasa de intervención de política monetaria tiene efectos significativos pero débiles sobre la tasa spot; (4) Ambas tasas guardan una relación positiva fuerte con los Credit Default Swaps (CDS) a 5 años, de manera que ambos mercados son vulnerables a choques internacionales. A partir de un análisis descriptivo y PCA de los márgenes de compra y venta en el mercado de contratos forward peso/dólar de distintos plazos se obtienen conclusiones similares a este último punto. Como resultado auxiliar, los controles de capital aplicados durante la Crisis Subprime 2007-2009 no tuvieron efecto sobre la media de ambas tasas pero sí sobre la volatilidad. En consecuencia, se encuentra que los efectos de estas dos herramientas de política económica sobre los mercados cambiarios son de magnitud muy reducida, un resultado plausible para economías emergentes como la colombiana.

* Trabajo de grado para aspirar al título de economista. El autor agradece los comentarios de la profesora Inés María Ulloa del Departamento de Economía de la Universidad del Valle, así como de Andrea Vargas de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). Por supuesto, todos los errores son míos.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
1. EL CONTEXTO MACROECONÓMICO COLOMBIANO Y ALGUNAS DEFINICIONES CONCEPTUALES	5
1.1. LOS EFECTOS DE LOS CHOQUES FINANCIEROS EXTERNOS.....	5
1.2. LAS INTERVENCIONES CAMBIARIAS.....	7
1.3. LA TASA DE INTERVENCIÓN DE POLÍTICA MONETARIA	9
2. CARACTERIZACIÓN DE LOS MERCADOS CAMBIARIOS.....	11
2.1. MERCADO SPOT TRM.....	11
2.1.1. LA TASA SPOT TRM	11
2.1.2. ESTRUCTURA DE RED DEL MERCADO SPOT TRM.....	14
2.2. MERCADO DE FUTUROS TRM	15
2.2.1. ALGUNAS DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	15
2.2.2. EVOLUCIÓN DEL MERCADO	16
2.2.3. ESTRUCTURA DE MERCADO.....	16
2.3. ESTRATEGIAS DE INVERSIONISTAS EN MERCADOS CAMBIARIOS.....	17
3. REVISIÓN DE LITERATURA	18
4. METODOLOGÍA EMPÍRICA Y DATOS	21
4.1. METODOLOGÍA EMPÍRICA.....	21
4.1.1. MOMENTUM O INERCIA DE LAS TASAS SPOT Y FUTUROS TRM	21
4.1.2. EFECTOS DE LAS INTERVENCIONES CAMBIARIAS EN LAS TASAS SPOT Y FUTUROS.....	23
4.1.3. EFECTOS DE LA POLÍTICA MONETARIA SOBRE LA TASA SPOT	25
4.2. COEFICIENTES ESPERADOS DE LOS MODELOS UTILIZADOS.....	28
4.3. DATOS.....	29
5. RESULTADOS EMPÍRICOS	30
5.1. EFECTOS DE LAS INTERVENCIONES CAMBIARIAS SOBRE LOS MERCADOS CAMBIARIOS	30
5.2. MOMENTUM EN LOS MERCADOS CAMBIARIOS.....	37
5.3. EFECTOS DE LA POLÍTICA MONETARIA SOBRE LA TASA SPOT	38
6. CONCLUSIONES	40
NOTAS.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
APÉNDICES.....	45
APÉNDICE A: La Fragilidad del Mercado de Forwards Peso/Dólar ante Shocks de Liquidez en el Sector No-Financiero	45
APÉNDICE B: Tests de Estacionariedad Débil – Series Utilizadas (Tests de Dickey-Fuller Aumentado).....	48
APÉNDICE C: Tests de Ajuste – Modelos de Respuesta Binaria Logit/Gompit	48
APÉNDICE D: Modelos EGARCH-X y Tests LM-ARCH – 5 rezagos y Tests de Autocorrelación Serial – 30 Rezagos*	49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. FORMAS DE INTERVENCIÓN CAMBIARIA DEL BANCO DE LA REPÚBLICA.....	8
TABLA 2. CANALES DE TRANSMISIÓN DE LA INTERVENCIÓN CAMBIARIA.....	9
TABLA 3. TRAMOS DE APRECIACIÓN, ESTABILIDAD Y DEPRECIACIÓN.....	12
TABLA 4. NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE HUBO AL MENOS UNA INTERVENCIÓN CAMBIARIA DEL BANCO DE LA REPÚBLICA.....	13
TABLA 5. ESTRATEGIAS DE INVERSIONISTAS ESPECULATIVOS EN MERCADOS CAMBIARIOS.....	17
TABLA 6. LITERATURA REVISADA. ELABORACIÓN PROPIA.....	21
TABLA 7. TEMAS Y MODELOS ECONÓMICOS UTILIZADOS.....	21
TABLA 8. COEFICIENTES ESPERADOS DE LOS MODELOS ECONÓMICOS UTILIZADOS.....	28
TABLA 9. VARIABLES UTILIZADAS EN EL CONTRASTE EMPÍRICO.....	29
TABLA 10. ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE REACCIÓN DE LAS INTERVENCIONES DEL BANCO DE LA REPÚBLICA.....	30
TABLA 11. FUNCIONES DE RESPUESTA DE LAS TASAS SPOT Y FUTURO TRM ANTE INTERVENCIONES CAMBIARIAS DEL BANCO DE LA REPÚBLICA.....	33
TABLA 12. MODELOS LOGIT/GOMPIT ESTIMADOS.....	35
TABLA 13. MODELOS LOGIT/GOMPIT ESTIMADOS.....	37
TABLA 14. ESTIMACIONES DE MODELOS VAR-CCC-GARCH Y VAR-DCC-GARCH.....	39
TABLA 15. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS AGENTES EN EL MERCADO DE FORWARD PESO-DÓLAR.....	45

ÍNDICE DE GRÁFICAS

FIGURA 1. EVOLUCIÓN DE MEDIDAS DE RIESGO PAÍS (EMBI+ COLOMBIA, CDS5Y) Y PERÍODOS DESCRITOS COMO CRISIS INTERNACIONALES.....	6
FIGURA 2. ÍNDICE IMACO (REZAGADO UN TRIMESTRE) E INGRESOS DE EXTRANJEROS POR CONCEPTO DE INTERESES DE CORTO PLAZO Y POR PARTICIPACIONES EN CAPITAL Y FONDOS DE INVERSIÓN.....	7
FIGURA 3. MONTOS DE DÓLARES COMPRADOS O VENDIDOS EN OPERACIONES DE INTERVENCIÓN CAMBIARIA DEL BANCO DE LA REPÚBLICA.....	8
FIGURA 4. EVOLUCIÓN DE LA TASA INTERBANCARIA Y CAMBIOS EN LA TASA DE INTERVENCIÓN DE POLÍTICA MONETARIA.....	10
FIGURA 5. EVOLUCIÓN DE LA TASA SPOT TRM PESO/DÓLAR POR TRAMOS.....	12
FIGURA 6. SALDOS NETOS DE INTERVENCIONES CAMBIARIAS DEL BANCO DE LA REPÚBLICA VS. DIFERENCIALES DE INTERÉS INTERNACIONALES (TASA INTERBANCARIA COLOMBIANA – FED FUNDS RATE).....	14
FIGURA 7. VOLUMEN DE CONTRATOS DE FUTUROS TRM. TOMADO DE ROJAS (2015).....	16
FIGURA 8. FUNCIONES DE DENSIDAD KERNEL DE EPANECHNIKOV PARA LOS RETORNOS ANORMALES ASOCIADOS A ESTRATEGIAS <i>CARRY-TRADING</i> PARA EL CASO COLOMBIANO.....	18
FIGURA 9. INTERVENCIONES CAMBIARIAS DEL BANCO DE LA REPÚBLICA VS. VARIACIÓN DE LAS DESVIACIONES MENSUALES DE LA INFLACIÓN RESPECTO DE SU META. INTERVENCIONES CAMBIARIAS DEL BANCO DE LA REPÚBLICA VS. RETORNOS ACUMULADOS DE LA TASA SPOT DE LOS ÚLTIMOS 20 DÍAS.....	31
FIGURA 10. DIAGRAMAS DE PUNTOS CREDIT DEFAULT SWAPS A 5 AÑOS (CDS5Y) VS. TASAS SPOT Y FUTUROS TRM.....	33
FIGURA 11. TASA SPOT Y FUTUROS TRM VS. MONTOS DE INTERVENCIONES CAMBIARIAS DEL BANCO DE LA REPÚBLICA POR TIPOS DE INTERVENCIÓN EN DÓLARES REZAGADAS DOS DÍAS.....	40
FIGURA 13. INDICADORES DE LIQUIDEZ (<i>LIQUIDITY</i>) PARA CADA PLAZO DE CONTRATOS <i>FORWARD</i> COLOMBIANOS PESO/DÓLAR.....	46
FIGURA 14. DESCOMPOSICIÓN DEL ÍNDICE DE ILIQUIDEZ DEL MERCADO FORWARD EN EL SECTOR NO-FINANCIERO DESDE 2007 HASTA 2015.....	47

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las economías emergentes operan bajo esquemas de libre flotación cambiaria, lo que implica teóricamente, con base en el trilema de la política monetaria planteado por Mundell (1963), que el riesgo cambiario no puede ser controlado bajo libre movilidad de capitales e independencia de la política monetaria ante fluctuaciones de la tasa de interés de intervención. No obstante, las intervenciones cambiarias siguen haciendo parte del menú de opciones de política de los bancos centrales de estos países (Uribe et. al. (2015)), además de presuponerse en el mecanismo teórico de ese trilema que las tasas de interés tienen efectos sobre la tasa de cambio (*spot*). Si las intervenciones cambiarias y las tasas de interés como herramientas de política económica tienen efectos significativos o no sobre la tasa *spot*, es una cuestión que la literatura empírica ha tratado de resolver. Sin embargo, los efectos de estas herramientas de política sobre los mercados derivados cambiarios, como los futuros, se pasa por alto muchas veces (Vargas y Rivera, 2009).

En las economías emergentes los efectos de las dos herramientas mencionadas podrían ser muy pequeños debido a que la entrada de capital extranjero y las actividades especulativas podrían desempeñar un rol mucho más fuerte en los mercados cambiarios que en los países desarrollados, y por lo tanto la mitigación del riesgo cambiario estaría más allá de estas herramientas convencionales.

El objetivo principal de este estudio es estudiar empíricamente si las intervenciones cambiarias y la tasa interbancaria, como la tasa afectada por la tasa de intervención de la política monetaria, tienen efectos significativos sobre las tasas *spot* y futuros peso/dólar (TRM). Para ello se parte de series diarias entre Noviembre de 2007 y Marzo de 2015. De esta forma se pretende resolver cada una de las siguientes preguntas por separado:

- (1) ¿Las intervenciones cambiarias del Banco de la República tienen efectos significativos sobre la tasa *spot* y futuros TRM?
- (2) Si se toma a la tasa de interés interbancaria como *proxy* de la tasa de intervención de política monetaria del Banco de la República, ¿La tasa interbancaria también tiene efectos significativos sobre las tasas *spot* y futuros TRM?
- (3) ¿Existe evidencia empírica de tendencia inercial o de persistencia de las tasas *spot* y futuros TRM cuando presentan aumentos o disminuciones? La presencia de tendencia inercial en cualquiera de los dos casos podría señalar un margen de acción limitado por parte de los formuladores de política, debido al alto grado de incertidumbre entre los participantes del mercado.

Estas preguntas son de alta importancia para los formuladores de política, puesto que las dos herramientas mencionadas se tienen generalmente como únicas opciones ante episodios de alto riesgo cambiario. Además, las intervenciones cambiarias para controlar la tasa de cambio no son gratuitas para el país, como lo han reconocido Uribe et. al. (2015): un aumento de la

posición de dólares en la cuenta de balance del banco central podría reducir el valor de su portafolio si los efectos son simplemente una apreciación de la moneda nacional, reduciendo el valor de las reservas internacionales y comprometiendo la capacidad futura de endeudamiento. Por otra parte, los intentos de modificar las tasas de interés para tratar de estabilizar la tasa de cambio podrían ejercer presiones innecesarias sobre los niveles de precios.

Debido a la inclusión de variables de control para tratar de aislar efectos y la corrección del sesgo de endogeneidad en los modelos econométricos utilizados, se pretende también resolver un conjunto de preguntas como parte de objetivos secundarios: (1) ¿Cuáles son los determinantes de las intervenciones cambiarias además de la fluctuación misma de la tasa spot?, (2) ¿Cuál es el efecto de las variables financieras como los Credit Default Swaps (CDS) a 5 años sobre la media y volatilidad de estas tasas?, (3) ¿Los controles de capital durante la Crisis Subprime 2007-2010 afectaron los niveles y volatilidades de ambas tasas?, (4) ¿Los agentes que siguen estrategias de *carry-trade* se encuentran expuestos a altos riesgos ante choques exógenos?

Además de esta introducción, este documento contiene una primera sección en la que se presenta un análisis de contexto macroeconómico colombiano, junto con algunas definiciones conceptuales acerca de las intervenciones cambiarias, la tasa de intervención y los choques externos. En la segunda sección se realiza un análisis descriptivo de los mercados cambiarios analizados con la literatura revisada, sintetizando los resultados obtenidos por el estudio de redes complejas con el de varios hechos estilizados para el caso colombiano. A continuación se presenta una revisión de literatura. En la siguiente sección se presenta la metodología empírica de los modelos econométricos utilizados junto con los datos. En la quinta sección se presentan los resultados de las estimaciones junto con sus interpretaciones respectivas y por último las conclusiones obtenidas. En los apéndices se presentan los resultados de las diversas pruebas econométricas junto con un análisis del mercado de contratos forward peso/dólar que refuerza algunos de los resultados obtenidos.

1. EL CONTEXTO MACROECONÓMICO COLOMBIANO Y ALGUNAS DEFINICIONES CONCEPTUALES

En esta sección se realizará, en su orden, un análisis de contexto macroeconómico acerca de los efectos de los choques financieros externos, las intervenciones cambiarias del banco central y la política monetaria a través de la tasa de intervención.

1.1. LOS EFECTOS DE LOS CHOQUES FINANCIEROS EXTERNOS

Al igual que para varias economías de América Latina, choques internacionales tales como la Crisis Subprime del 2008 y la Crisis de Deuda Europea tuvieron impactos sobre el riesgo país aunque de manera no muy fuerte, mientras que los ingresos que obtienen los extranjeros por invertir en el país tienden a fluctuar de manera similar a la actividad económica nacional. Las Figuras 1 y 2 permiten sustentar estas afirmaciones.

En la Figura 1 se muestra la evolución del EMBI+ Colombia (rojo) y los *Credit Default Swaps* a 5 Años (CDS5Y) (verde), variables en puntos básicos que toman valores mayores en la medida que hay mayor incertidumbre en los mercados internacionales y por tanto cuando existe mayor

riesgo país. La línea azul corresponde a una variable *dummy* que toma valores iguales a 300 para las fechas en las que hubo crisis internacionales siguiendo a Bejarano et. al. (2015): la Crisis Subprime del 2008 y la Crisis de Deuda Europea 2011-2012, valores iguales a cero para el resto de fechas.

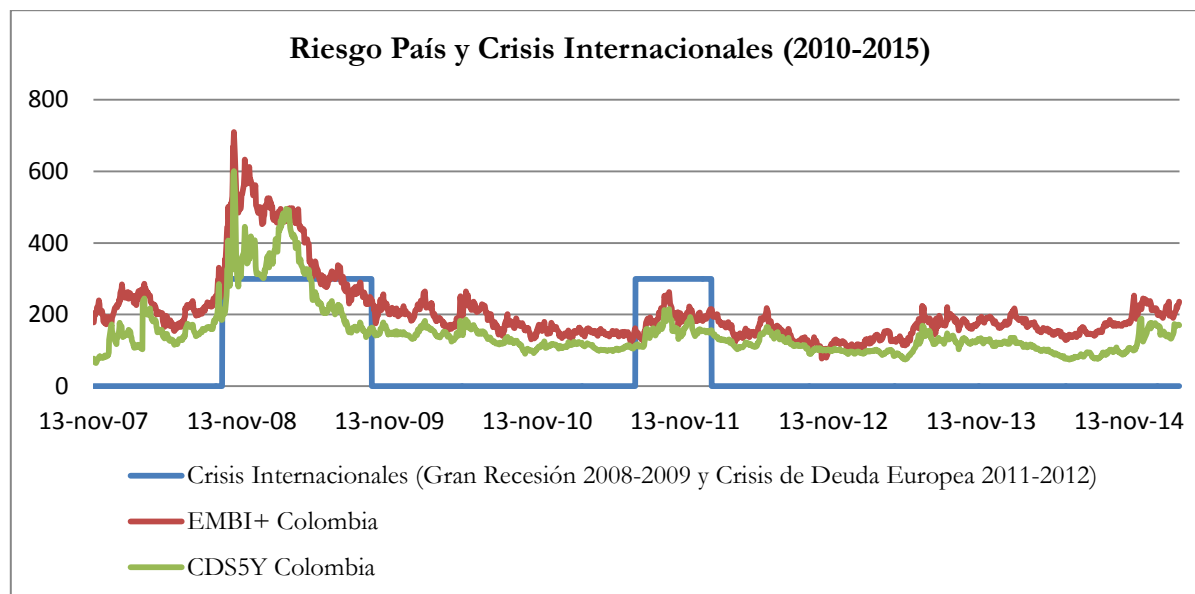


Figura 1. Evolución de medidas de riesgo país (EMBI+ Colombia y CDS5Y) y períodos descritos como crisis internacionales. Elaboración propia con datos de Datastream. Variable *dummy* de crisis internacionales construida a partir de las fechas utilizadas por Bejarano et. al. (2015).

Se observa que durante estas crisis el riesgo país aumentó, aunque durante la Crisis de Deuda Europea los impactos fueron mucho menores, algo que se puede explicar por la baja integración entre los mercados nacionales y los europeos (Bejarano et. al. (2015)). Es importante resaltar durante estas épocas que el riesgo país aumentó menos para el caso colombiano que para otras economías como la argentina y la brasileña, de manera que sólo hubo desaceleración de la actividad económica.

En la Figura 2 se observa la evolución del índice IMACO como variable *proxy* de la actividad económica colombiana, los ingresos que reciben los extranjeros por intereses de corto plazo y por participaciones en capital y fondos de inversión entre finales de 2007 e inicios del 2015 con datos trimestrales.

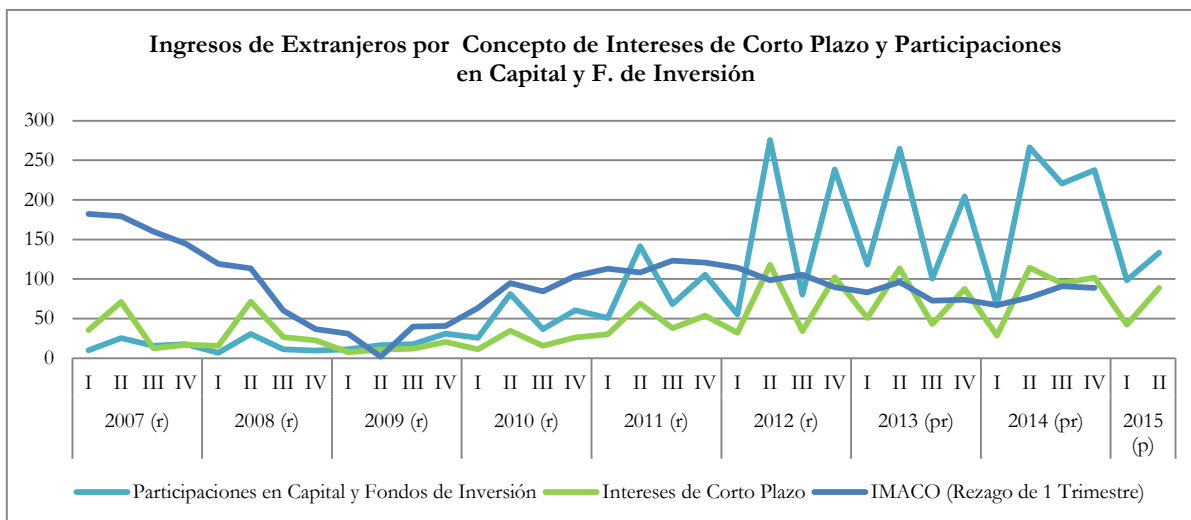


Figura 2. Índice IMACO (rezagado un trimestre) e Ingresos de Extranjeros por concepto de intereses de corto plazo y por participaciones en capital y fondos de inversión. El índice IMACO es un índice de actividad económica mensual, que para propósitos de presentación en el gráfico se multiplica por 2500 y se muestran los valores del último mes de cada trimestre. Elaboración propia a partir de datos del Banco de la República.

Se puede ver que los ingresos de los extranjeros por invertir en activos de corto plazo o en participaciones tienen fluctuaciones relativamente coherentes con las de la actividad económica del país (índice IMACO), es decir, estos ingresos tienden a ser más bajos en la medida que la actividad económica sea menor por lo menos desde el 2009. Por lo tanto, no se descarta que durante épocas de caída de la actividad económica las salidas de capital extranjero debido a menores ingresos sean relativamente fuertes, exacerbando la situación económica del país debido a menor inversión real y menor liquidez en el sistema financiero.

El carácter procíclico de los ingresos obtenidos por extranjeros y los choques internacionales mencionados tienen efectos importantes en las fluctuaciones de la tasa de cambio peso/dólar, puesto que gran parte de la inversión extranjera en territorio colombiano proviene de Estados Unidos y cuando hay incertidumbre la demanda de dólares aumenta, depreciándose la moneda nacional frente al dólar.

1.2. LAS INTERVENCIONES CAMBIARIAS

Teóricamente, las intervenciones cambiarias son el conjunto de formas de intervención que los bancos centrales tienen para alterar la tasa de cambio. Para el caso colombiano, el objetivo de estas según el banco central (Banco de la República) es reducir la volatilidad del tipo de cambio y controlar las fluctuaciones temporales que afecten la competitividad de los sectores transables de la economía (Reyes, 2011).

El Banco de la República ha utilizado cuatro formas de intervención cambiaria, tres de las cuales han consistido en acumulación de dólares y una en desacumulación, donde la última ha sido poco frecuente en los últimos años. Las frecuencias y montos de estas intervenciones discriminadas por tipo se muestran en la Figura 3, mientras que las señales de intervención y sus principales características se presentan en la Tabla 1.

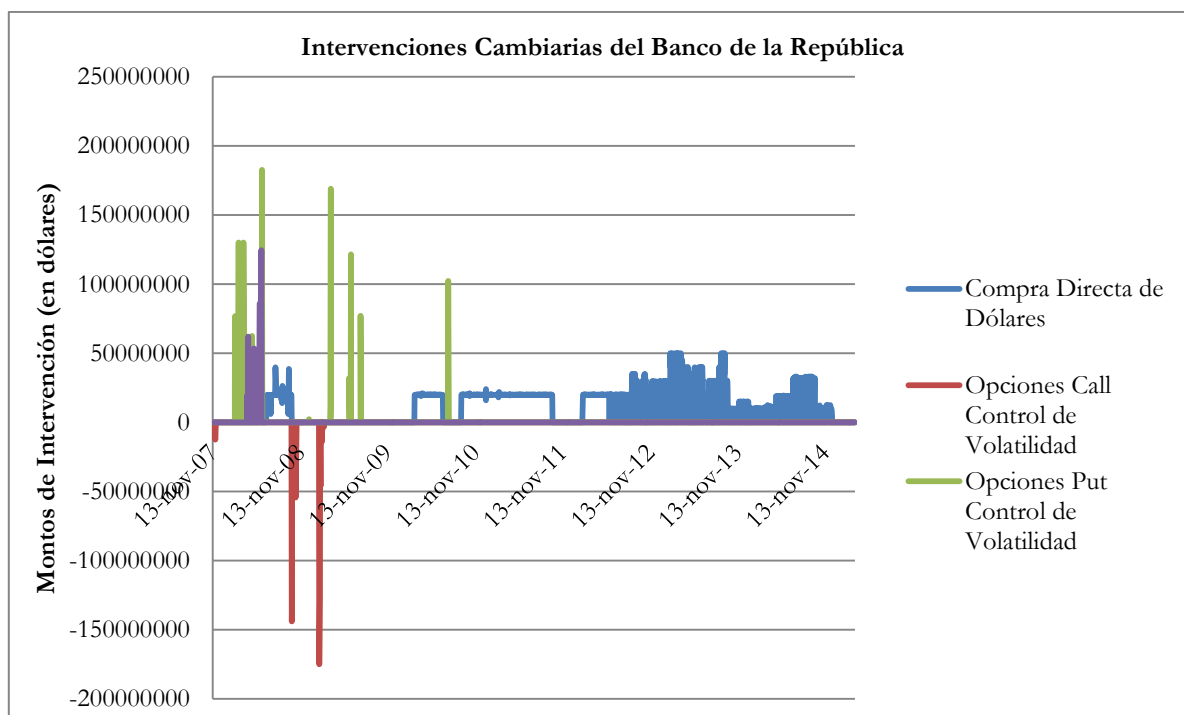


Figura 3. Montos de dólares comprados o vendidos en operaciones de intervención cambiaria del Banco de la República. Cada color representa una forma de intervención cambiaria. Elaboración propia con datos del Banco de la República.

Modalidad de Intervención	Características Principales	Señal de Intervención
Subastas de Opciones Holandesas	Acumulación de Reservas. Periodicidad Mensual. Subasta de opciones put por el monto que la Junta Directiva determine. Desacumulación de Reservas. Periodicidad Mensual. Subasta de opciones call por el monto que la Junta Directiva determine.	La tasa de cambio es inferior al promedio móvil de últimos 20 días hábiles. La tasa de cambio es superior a su promedio móvil de últimos 20 días hábiles.
Subastas de Opciones para el Control de la Volatilidad	Cupo establecido de 180 millones de dólares.	La TRM se encuentra 5% más por debajo (put) o por encima (call) del promedio móvil de 20 días hábiles.
Intervenciones Discrecionales	Subastas competitivas de compra de dólares en el mercado cambiario	
Compra directa de dólares	Compras directas.	

Tabla 1. Formas de intervención cambiaria del Banco de la República (abajo). Elaboración propia con datos del Banco de la República.

Los distintos mecanismos mediante los cuales estas intervenciones afectan la tasa de cambio teóricamente se muestran en la Tabla 2.

Canal de Transmisión	Mecanismo de Transmisión	Explicación
Balance de Portafolio (BP)	Si la intervención es esterilizada, la composición de los portafolios de los agentes varía a pesar de que la tasa de interés no sufre modificaciones.	Si el banco central vende títulos de gobierno a los agentes de la economía por medio de una operación de mercado abierto (OMA) a cambio de dólares, entonces la oferta monetaria disminuye, aumentando la tasa de interés doméstica e impulsando por lo tanto la entrada de capitales, generando presiones hacia la baja de la tasa de cambio, haciendo que el volumen de derivados de futuros de posición larga disminuya y los de corta aumente. La composición de los agentes cambia: venden dólares al banco central y adquieren títulos del gobierno.

Expectativas o Señales (ES)	Las intervenciones cambiarias son efectivas debido al cambio de expectativas que pueden impulsar. Las intervenciones son una señal futura de la política.	Si existen expectativas de apreciación de la moneda ante una intervención, entonces aumentará la oferta de divisas ofrecidas por agentes en el mercado cambiario, apreciándose la moneda desde antes de que la política tenga lugar y por lo tanto generando nuevas expectativas de apreciación, alterándose las posiciones de derivados.
Fallas de Coordinación (CF)	Los agentes no actúan simultáneamente para vender una moneda sobrevaluada respecto de los fundamentales económicos.	Existen comportamientos irracionales o especulativos en los agentes que hacen que la tasa de cambio no retorne a su nivel de equilibrio debido a que los agentes no actúan simultáneamente.

Tabla 2. Canales de transmisión de la intervención cambiaria. Basado en Sarno y Taylor (2001) y Echavarría et. al. (2009).

Los estudios que se han realizado para estudiar si las intervenciones cambiarias del Banco de la República tienen influencia sobre la tasa de cambio arrojan resultados mixtos. A pesar de que estudios como los de Echavarría et. al. (2013) y Durán (2015) encuentran que sí son efectivas, otros han encontrado que no es así y que incluso estas intervenciones han aumentado la volatilidad cambiaria (Reyes (2011); Arbeláez y Steiner (2010); Rincón y Toro (2010); Uribe et. al. (2015)).

1.3. LA TASA DE INTERVENCIÓN DE POLÍTICA MONETARIA

El control de las tasas de interés a través de la tasa de intervención permite al banco central tener influencia sobre la cantidad de dinero circulante de una economía. Para el caso colombiano, el Banco de la República define como tasa de intervención a la tasa mínima que cobra a las entidades financieras por los préstamos que hace en sesiones denominadas *subastas de expansión monetaria* a un día (Reyes (2011)).

La tasa de intervención tiene efectos directos sobre la tasa interbancaria o la tasa a la que negocian los intermediarios financieros entre sí, como se ha encontrado en estudios como el de Melo y Becerra (2011) para el caso colombiano. Aprovechando este resultado, se puede entonces tomar la tasa interbancaria y no la de intervención en un modelo econométrico debido a que la primera refleja mejor las condiciones de liquidez del país.

En la Figura 4 se muestra la evolución diaria de la tasa interbancaria y la tasa de fondeo de la Reserva Federal de Estados Unidos entre Noviembre de 2007 y Marzo de 2015.

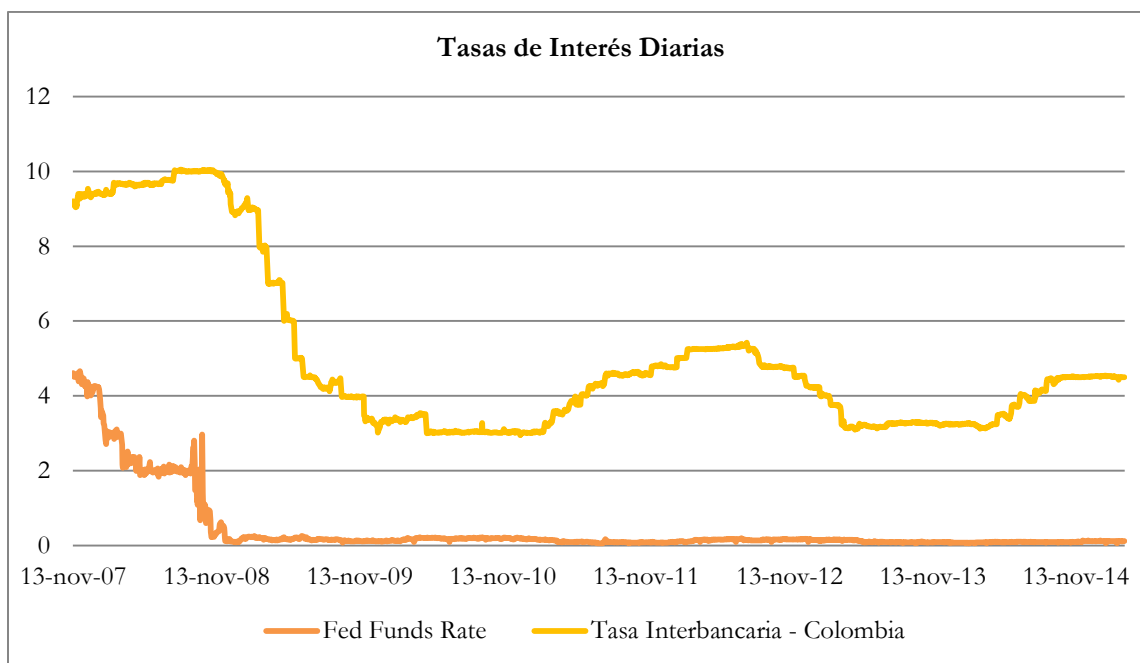


Figura 4. Evolución de la Tasa Interbancaria y cambios en la tasa de intervención de política monetaria. Elaboración propia con datos del Banco de la República y el FED de Nueva York.

Por una parte, se puede observar que la tasa de fondeo norteamericana (*Fed Funds Rate*) registra valores cercanos a 0 (*Zero Lower Bound*) desde Octubre de 2008 como respuesta al conjunto de herramientas de política monetaria no convencional implementadas por la Reserva Federal tras la Crisis Subprime (Wright (2012)).

La tasa interbancaria colombiana, por otro lado, registra fluctuaciones cíclicas de acuerdo con la tasa de intervención fijada por la Junta Directiva del Banco de la República en las minutas publicadas:

- (i) Desde finales del 2008 el Banco de la República redujo sensiblemente la tasa de intervención como medida de aumento de liquidez para contrarrestar los efectos de la crisis en términos de desaceleración de la economía colombiana, permaneciendo baja la tasa de interés interbancaria entre finales del 2009 y el 2010.
- (ii) A inicios del 2011 hubo más restricciones a los préstamos interbancarios debido a que las tasas de intervención empezaron a subir de nuevo para reducir la inflación, el sobrecalentamiento de la economía y mitigar los efectos del aumento del salario mínimo.
- (iii) A partir del 27 de julio del 2012 el Banco de la República decidió reducir su tasas de intervención debido al empeoramiento del crecimiento económico mundial que disminuyó la demanda externa de productos primarios y la desaceleración del crédito.
- (iv) Durante la mayor parte del 2013 se decidió mantener la tasa debido a señales mixtas de crecimiento económico en los países emergentes y desarrollados y al

intento de reducir la incertidumbre por la expectativa de aumentos de tasas de interés de títulos norteamericanos.

- (v) Los aumentos de la inflación y el comportamiento relativamente bueno de la economía colombiana durante el 2014 hicieron menos necesaria la política monetaria expansiva, de manera que la tasa de intervención volvió a aumentar y con ella la tasa interbancaria.

Teóricamente, la tasa de intervención o la interbancaria tiene efectos sobre la tasas spot y futuros TRM peso/dólar: una menor tasa de intervención reduce los costos de liquidez del mercado, haciendo que la tasa interbancaria disminuya y por lo tanto disminuyendo el diferencial de intereses internacional, de manera que es de esperarse que se presenten salidas de capital y procesos de depreciación de la moneda, alterando las expectativas futuras y por lo tanto las tasas de negociación de los derivados cambiarios. Analizar empíricamente si en efecto esto ocurre es parte de los objetivos de este trabajo.

2. CARACTERIZACIÓN DE LOS MERCADOS CAMBIARIOS

2.1. MERCADO SPOT TRM

2.1.1. LA TASA SPOT TRM

La tasa spot TRM es el promedio de tasas pactadas en casas de cambio que indica equivalencias entre monedas nacionales. En un régimen de tasa de cambio flotante, cuando esta tasa cae se dice que existe apreciación, pero si aumenta hay depreciación.

Para identificar fases largas de apreciación y depreciación de la tasa de cambio peso/dólar o tasa spot a partir de series diarias se utiliza el test de Quiebres Determinados Globalmente (QDG). Este test identifica fechas para las cuales existen quiebres estructurales para una determinada serie de tiempo (el valor del intercepto que es el que se usó en este documento o los coeficientes de un conjunto de variables explicativas cambian de manera importante), de manera que se pueden conformar distintos tramos. El test DQG utilizado para la tasa spot identificó cuatro puntos de quiebre, obteniéndose distintos tramos que permiten identificar determinadas épocas como períodos de apreciación, depreciación o estabilidad de la tasa de cambio. La evolución de la tasa spot dividida por tramos se muestra en la Figura 5, mientras que las fechas identificadas como puntos de quiebre y por lo tanto los tramos se muestran en la Tabla 3.

Evolución de la Tasa Spot TRM (13 de Noviembre del 2007 – 17 de Marzo del 2015)

(Eje Y: Tasa Spot en Niveles – Eje X: Tiempo)

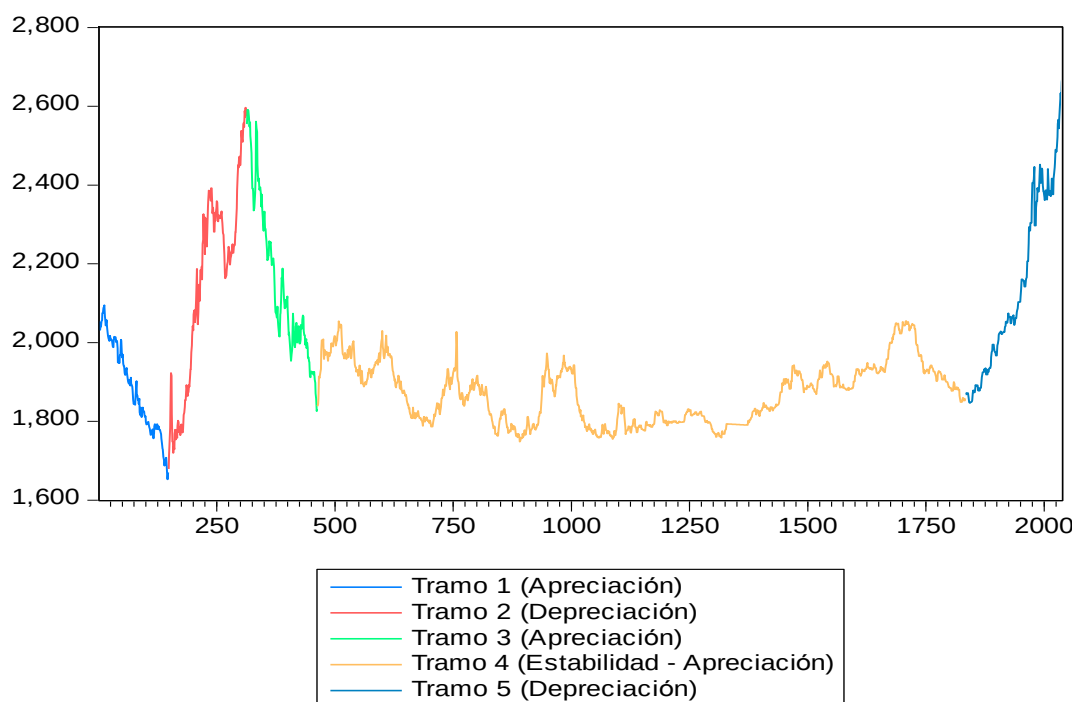


Figura 5. Evolución de la Tasa spot TRM Peso/Dólar por Tramos. Elaboración propia con datos del Banco de la República.

Tramo (Test QDG)	Fechas	Tipo de Período
1	13 de Noviembre de 2007 – 20 de Junio de 2008	Apreciación
2	21 de Junio de 2008 - 26 de Febrero de 2009	Depreciación
3	27 de Febrero de 2009 – 15 de Octubre de 2009	Apreciación
4	16 de Octubre de 2009 – 15 de Julio de 2014	Estabilidad – Appreciación
5	16 de Julio de 2014 – 17 de Marzo de 2015	Depreciación

Tabla 3. Tramos de Apreciación, Estabilidad y Depreciación deducidos a partir de puntos de quiebre para la tasa TRM peso/dólar por el test de Quiebres Determinados Globalmente (QDG) de Bai y Perron. Quiebres seleccionados por los Criterios de Schwarz y LWZ. Elaboración Propia con datos del Banco de la República.

Analizando cada uno de los tramos identificados en la Tabla 3 siguiendo a Reyes (2011), se obtiene que:

- (i) **Tramo 1:** Hasta fines del 2007 la entrada de capital extranjero durante un período de alta liquidez mundial y la mayor inversión extranjera directa debido a los altos precios del petróleo tuvieron repercusión en la caída o apreciación de la tasa de cambio spot.
- (ii) **Tramo 2:** Durante la Crisis Subprime 2008-2009 los precios de las materias primas cayeron fuertemente, disminuyendo la entrada de capitales, el volumen de exportaciones y el valor de las remesas enviadas hacia el territorio colombiano. En consecuencia, el aumento de la demanda y disminución de la oferta de divisas impulsó hacia arriba la tasa spot. Es importante resaltar en este punto que el conjunto de políticas macro-prudenciales establecidas en el año 2000 hizo que no

se presentara un espiral de devaluación muy fuerte, de manera que sólo se presentó una desaceleración de la economía.

- (iii) **Tramo 3:** Las presiones de la tasa de cambio al alza se revertieron desde el segundo trimestre del 2009, cuando la adopción de política monetaria no convencional por parte de los países desarrollados hizo que el flujo de capitales retornara hacia los países considerados economías emergentes (Reyes, 2011).
- (iv) **Tramo 4:** Hubo un largo período de apreciación de la moneda desde el año 2009 hasta inicios del 2014 a pesar de la tendencia intermitente hacia el alza desde inicios del 2013 producto de las políticas de estabilización monetaria de los países emergentes. Esta apreciación sin embargo no fue tan fuerte como durante el Tramo 3, sino que hizo que la tasa de cambio estuviera estabilizada entre 1'800 y 2'000 pesos por dólar.
- (v) **Tramo 5:** La tendencia recesiva de varias economías latinoamericanas y del continente asiático junto con la caída de precios del petróleo WTI (*West Texas Intermediate*) desde finales de Junio del 2014 disparó el riesgo cambiario hasta Marzo del 2015 (Tramo 5 – Depreciación), que es el último mes del período de estudio del presente documento.

¿Existe alguna relación entre los tramos identificados como períodos de apreciación o depreciación y la frecuencia de las intervenciones cambiarias? Varios estudios han encontrado que las economías emergentes son más sensitivas a choques externos durante apreciaciones de la tasa de cambio que a depreciaciones, de manera que las autoridades del Banco Central tienden a intervenir más durante períodos de apreciación estable que durante depreciación, ya sea con el fin de aumentar las exportaciones nacionales (“Fear of floating”, Gómez y García (2012)), o aumentar simplemente la tasa de cambio que es cuando existen épocas de contagio de tasas de cambio (“Fear of appreciation”, Loaiza et. al. (2015)).

Tramo	Apreciación (13 de Noviembre de 2007 – 20 de Junio de 2008)	Depreciación (21 de Junio de 2008 - 26 de Febrero de 2009)	Apreciación (27 de Febrero de 2009 – 15 de Octubre de 2009)	Estabilidad (16 de Octubre de 2009 – 15 de Julio de 2014)	Depreciación (16 de Julio de 2014 – 17 de Marzo de 2015)
Frecuencia de días (Intervención)	19	82	6	911	97

Tabla 4. Número de días en los que hubo al menos una intervención cambiaria del Banco de la República. Elaboración propia con datos del Banco de la República.

En la Tabla 4 se muestra el número de fechas en los que se anunciaron intervenciones cambiarias para cada uno de los cinco tramos de la tasa spot estudiados, indicando que los fenómenos comentados parecen presentarse para el caso colombiano: durante el intervalo de tiempo comprendido entre el 16 de Octubre de 2009 y el 15 de Julio de 2014, período en el que peso se encontraba apreciado y hubo alta estabilidad cambiaria, el número de fechas donde hubo intervenciones cambiarias fue mucho mayor que en los tramos clasificados como períodos de depreciación. Es cierto que durante los períodos de depreciación las

intervenciones no fueron tan frecuentes como durante los de apreciación estrictamente. Sin embargo, el primer tramo no es representativo debido a que hubo una larga apreciación de la moneda desde 2002 (este período no hace parte del análisis), mientras que en el tercer tramo, donde también hubo apreciación, fue un período donde hubo mucha turbulencia financiera, siendo inútil intervenir para frenar la entrada de capitales que buscaban activos menos riesgosos en países emergentes.

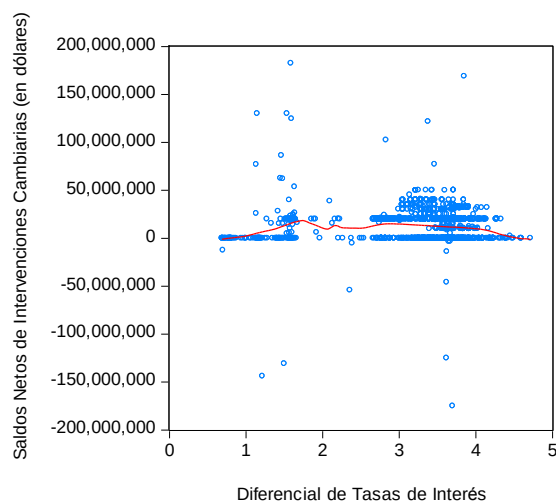


Figura 6. Saldos netos de Intervenciones Cambiarias del Banco de la República vs. Diferenciales de interés internacionales (Tasa Interbancaria Colombiana – Fed Funds Rate). La línea roja indica la regresión de ajuste de Kernel entre el par de datos. Elaboración propia con datos del Banco de la República y la Reserva Federal.

Este comportamiento se confirma también cuando se observa el diagrama de puntos de la Figura 6, indicando que cuando los diferenciales de tasas de interés nacional e internacional (medidos en unidades de 100 puntos básicos) son mayores hay mayor frecuencia de intervenciones cambiarias diarias (medidas en dólares). Teóricamente, esto se explica porque para mayores valores de este diferencial existen más incentivos a la entrada de capitales extranjeros a territorio colombiano, de manera que el peso se aprecia frente al dólar y por tanto hay mayor probabilidad de intervención. Este resultado es consistente también con la ilusión de independencia de los bancos centrales en países que tienen tasas de cambio flotantes (Edwards (2015)), donde las tasas de interés de las economías latinoamericanas se ajustan de acuerdo con las tasas fijadas por la Reserva Federal de Estados Unidos para frenar la entrada de capitales desde territorio americano (*policy contagion*).

2.1.2. ESTRUCTURA DE RED DEL MERCADO SPOT TRM

Utilizando teoría de redes, se ha encontrado que la estructura del mercado spot (y también la del mercado de *forwards* peso-dólar) es de *centro-periferia*, donde existe una cadena de transacciones definida: las sociedades comisionistas de bolsa actúan como intermediarias en operaciones de venta de divisas, comprándolas a bancos comerciales y vendiéndolas a corporaciones financieras y compañías de financiamiento (Pérez et. al. (2015)). Sin embargo, esta estructura de estrella hace al mercado spot muy frágil: (a) Las transacciones se encuentran altamente concentradas en cinco firmas, razón por la cual la fragmentación es bastante alta y

por lo tanto la aparición de fricciones financieras en los nodos donde se realizan las transacciones podría causar serios estragos en los mercados asociados. Existe una concentración muy fuerte de las actividades de mercado en los nodos que transfieren efectivo por medio de vínculos que forman superautopistas (estudiadas por Wu et. al. (2006)); (b) los agentes que más transan en este mercado son los agentes *offshore*, que son muy sensibles a fricciones financieras, liquidez internacional o inestabilidad financiera; (c) el riesgo de liquidez de divisas puede tener impactos fuertes en este mercado (Pérez et. al. (2015)).

2.2. MERCADO DE FUTUROS TRM

2.2.1. ALGUNAS DEFINICIONES CONCEPTUALES

Un derivado es un contrato entre dos partes para comprar o vender un activo subyacente (que para este caso es la tasa de cambio TRM) en una fecha especificada futura a un precio determinado hoy (Hull, 1997). Dos de los muchos tipos de derivados que existen son los contratos *forward* (cuyo análisis se presenta en el Apéndice A, puesto que no se analiza este mercado en los modelos econométricos) y *futuros* (cuyo análisis se presenta aquí). En ambos, la parte que acuerda comprar el activo subyacente en el futuro asume una posición larga, mientras que la parte que acuerda vender el activo subyacente asume una posición corta. El precio acordado en el momento en el que el contrato se firma se llama precio de entrega (K), mientras que el precio en el que se vende o compra un activo a futuro se llama precio subyacente (S_T).

El valor de una posición *forward* o de *futuros* F_T depende de la relación entre K y S_T :

- (i) Para una posición larga (la posición del que compra), el valor de la posición es igual a $F_T = S_T - K$.
- (ii) Para una posición corta (la posición del que vende), el valor de la posición es igual a $F_T = K - S_T$.

Los contratos *forward* y *futuros* difieren en cinco aspectos (Hull, 1997): (1) Los contratos *forward* se acuerdan de manera privada entre instituciones o con clientes específicos, mientras que los *futuros* se hacen en mercados organizados; (2) Los *forward* no se tienen que ajustar a los estándares de un mercado específico y las fechas pueden ser convenidas entre las dos partes sin problemas, mientras que los *futuros* sí; (3) En los contratos *forward* hay una fecha única de entrega, mientras que en los *futuros* hay un rango de posibles fechas de entrega; (4) Los contratos *forward* no se ajustan diariamente como los de *futuros*, de manera que para el primer caso se saldan cuentas en cierta fecha; (5) En los contratos *forward* generalmente tiene lugar un pago final, pero en los *futuros* el contrato se cierra antes de la fecha límite para ejercerlo.

Como ventajas, se ha afirmado que los derivados en general reducen la sensibilidad de las exportaciones ante variaciones de la tasa de cambio nominal, de la inversión privada ante variaciones de la tasa de interés y del valor del colateral ante variaciones de la tasa de cambio real, etc. Además, el cubrimiento que ofrecen los derivados en general reduce el impacto de ciclos recesivos en las variables macroeconómicas inducidos por políticas. No obstante, los

derivados pueden también impulsar episodios de inestabilidad cambiaria (Pérez et. al. (2015)), que es lo que se analiza en el presente documento.

2.2.2. EVOLUCIÓN DEL MERCADO

Para el año 2013 el volumen de operaciones transado en este mercado era muy pequeño para el caso colombiano (667.914 contratos) en comparación con el de México (27 millones) y Argentina (55 millones) de manera que este mercado es poco profundo y poco líquido (Rojas (2015)). Esta baja profundidad quizás se debe a las restricciones regulatorias tales como la Posición Básica de Apalancamiento (PBA)¹, que limita las operaciones de moneda extranjera a quienes tienen patrimonios pequeños en comparación con los bancos comerciales como son las sociedades comisionistas de bolsa (Arbeláez y Steiner (2009)).

Dentro de los derivados estandarizados en el mercado *Over-the-Counter*, los futuros TRM son los más comunes, con una participación del 77% del total (León y Pérez (2013)). El uso de estos derivados no parece ser creciente, como se observa en la Figura 7: desde Julio de 2009 el valor de los contratos pactados aumenta en general de forma importante hasta enero del 2012, pero luego cae hasta mantener valores cercanos a los de inicios del 2011.

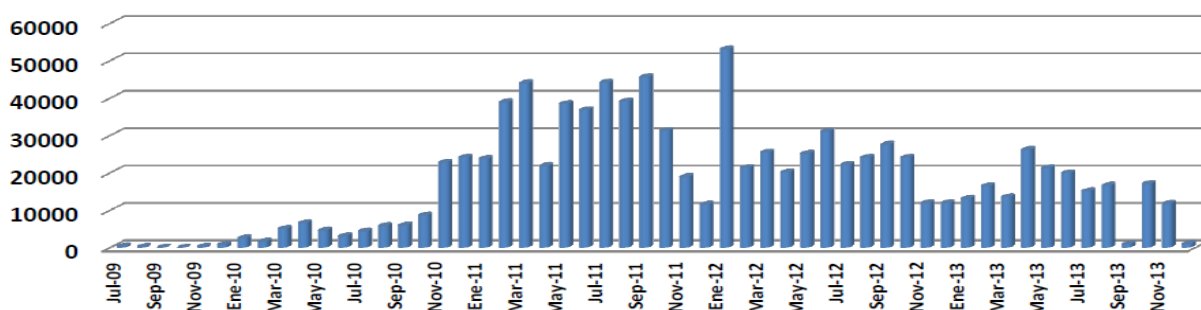


Figura 7. Volumen de Contratos de futuros TRM. Tomado de Rojas (2015).

2.2.3. ESTRUCTURA DE MERCADO

Para este mercado aun no existen estudios de la estructura de red, pero no se puede descartar que sea similar a la de los mercados spot y Forward. Como lo menciona Rojas (2015), el 78% los volúmenes de contratos de este mercado son negociados en su mayor parte por BTG Pactual (27,47%), Correval (24,61%), Corredores Asociados (10,11%), Banco de Bogotá (9,96%) y Acciones y Valores (4,9%), de manera que el mercado se encuentra altamente concentrado. Respecto de la participación en este mercado por tipo de institución, para diciembre de 2013 se tenía que el 44,34% de los contratos era negociado por sociedades comisionistas de bolsa, el 37,58% por bancos de inversiones, el 16,16% por bancos comerciales y el 1,55% por corporaciones financieras, indicando el rol preponderante de las instituciones financieras. Se tiene por lo tanto que los mercados cambiarios son frágiles en su conjunto, algo explicado por la estructura múltiple e interdependiente de estos mercados cuando se analizan las redes de transacción entre agentes, como encuentran León et. al. (2014)

al analizar el mercado de títulos soberanos y el mercado cambiario spot al analizar la contribución al grado total de la red por institución financiera.

2.3. ESTRATEGIAS DE INVERSIONISTAS EN MERCADOS CAMBIARIOS

Los mercados cambiarios no están exentos de agentes especuladores, que utilizan diversas estrategias para obtener rentas derivadas de la simple fluctuación de la tasa de cambio. Una explicación de las principales estrategias se sintetiza en la Tabla 5:

Estrategia	Razonamiento
<i>Carry Trading</i>	Sean dos países y dos tasas de interés comparables y diferentes para cada país. Un inversionista buscará obtener un crédito en el país que ofrezca la menor tasa de interés e invertirá en el país donde la tasa sea mayor. Por lo tanto, el diferencial de tasas de intereses se eliminará en tanto la entrada de capitales en el país con mayor tasa de interés aumente en forma de manada. De esta manera, los mercados cambiarios son propensos a sufrir ataques especulativos (Vargas y Rivera, 2009).
<i>Momentum</i>	La apreciación subsecuente de la moneda en el país donde las tasas de interés son altas alienta aún más la entrada de inversionistas, generando presiones para que la moneda se aprecie incluso más (inercia en la tasa de corto plazo durante apreciación). Esta tendencia inercial de la tasa de cambio se explica por dos factores (Reyes, 2011): (a) <i>Noise Trading</i>: Un negociador de activos financieros toma decisiones irracionales o erráticas de comprar, vender o mantener los activos. El comportamiento impredecible de estos agentes impulsa distorsiones sobre los precios y los niveles de riesgo generando divergencias entre las cotizaciones de los activos y las expectativas del mercado. (b) Intervenciones en el mercado cambiario: Si la intervención del Banco Central es pronosticable, entonces los agentes del mercado descuentan dicha intervención y fijan posiciones que les permitan obtener ganancias, aumentando la inercia de corto plazo de la tasa de cambio.

Tabla 5. Estrategias de inversionistas especulativos en mercados cambiarios. Elaboración propia basada en Reyes (2011) y Vargas y Rivera (2009).

Mientras las estrategias de *momentum* se analizan en la sección de análisis empírico de este documento, las estrategias de *carry-trading* merecen aquí una discusión más detallada acerca de su existencia para el caso colombiano en términos de los riesgos que conlleva su utilización por parte de los inversionistas. Los excesos de retornos de estas estrategias, originados por invertir en una posición larga en el mercado colombiano pidiendo prestado en el exterior, se pueden cuantificar por la fórmula $Z_t = (i_t - i_t^*) - (E_{t+1}^0 - E_t^0)$, donde i_t es la tasa interbancaria colombiana, i_t^* es la tasa de fondeo de la Reserva Federal y E_t^0 es la tasa de cambio peso/dólar en el momento t (Brunnermeier et. al. (2008)). La distribución Kernel de Epanechnikov de estos excesos se muestra en la Figura 8, donde se puede ver claramente que tiene un coeficiente de sesgamiento negativo.

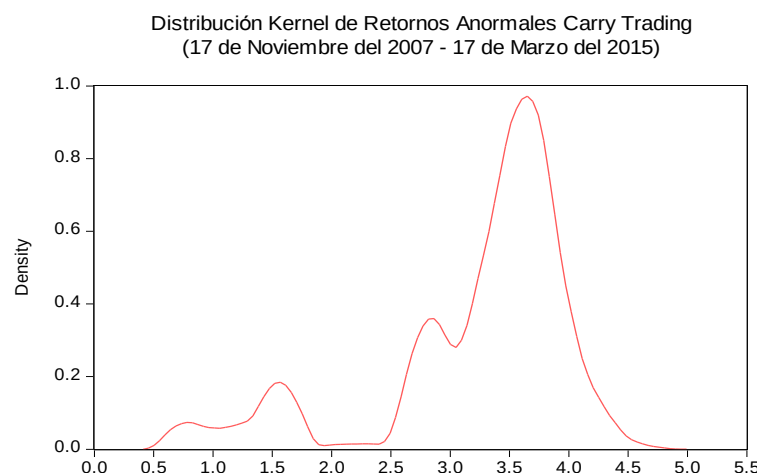


Figura 8. Funciones de densidad Kernel de Epanechnikov para los retornos anormales asociados a estrategias *carry-trading* para el caso colombiano. Elaboración propia con datos del FED y el Banco de la República.

Un coeficiente negativo de esta distribución implica que existen colas gruesas a la izquierda, de manera que las ganancias de los agentes que utilizan estas estrategias cuando los excesos de retorno son altos pueden verse seriamente afectadas ante eventos inesperados que causan fuertes depreciaciones o reducciones súbitas de los diferenciales de tasas de interés (Brunnermeier et. al. (2008), Vargas y Rivera (2009)). La existencia de estas colas gruesas para el caso colombiano indica entonces fragilidad de los mercados cambiarios, fragilidad que puede impulsar ciclos depresivos: los incrementos en la volatilidad de variables de mercados cambiarios están asociados con expectativas de pérdidas en *carry trades*, reduciendo la liquidez de los mercados de derivados cambiarios y spot de tasa de cambio, lo que conlleva a un nuevo aumento de expectativas de pérdidas en *carry trades* y completándose el ciclo debido a aumentos de la volatilidad de estas mismas variables (Brunnermeier et. al. (2008)).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

En la Tabla 6 se presentan las series utilizadas, modelos econométricos empleados, frecuencia y resultados para cada uno de los artículos que conforman la literatura económica revisada.

País de estudio	Autores	Objetivo de Estudio	Series Utilizadas	Modelo Econométrico Utilizado	Resultados
Colombia	Rincón y Toro (2010)	Evaluar para el caso colombiano la efectividad de los controles de capital y la intervención del banco central para depreciar las tasas de cambio, reducir su volatilidad y moderar la tasa de cambio ante	CDS 90-días; EMBI+; VIX; Volumen de Intervenciones Cambiarias; Tasa LIBOR de 90 días; Montos transados en moneda extranjera en el mercado interbancario;	AR(m)-GARCH(r,s); AR(m) – IGARCH(t,u)	Las intervenciones del Banco de la República en el mercado cambiario mediante operaciones de compra y venta de contratos de opciones ante aumentos de la desviación estándar de la tasa de cambio han sido inefectivas e incluso han incrementado la volatilidad esta serie. Sin embargo, durante la crisis 2008-2010 los efectos

		shocks internacionales.	TRM; Tasa interbancaria; HYS; Índice de Precios de <i>commodities</i>		sí fueron los deseados.
Colombia	Echavarría et. al. (2013)	Evaluar si las intervenciones cambiarias tienen efectos sobre la tasa de cambio	Tasa de Cambio TRM; Montos de Intervención por Tipo	Metodologías de Evaluación de Impacto	Todos los mecanismos de intervención cambiaria del Banco de la República han sido exitosos para cumplir sus objetivos
Colombia	Arbeláez y Steiner (2010)	Analizar si los controles de capital y las intervenciones cambiarias del Banco de la República tuvieron efectos significativos sobre la media y la varianza de la tasa spot.	Tasa de Cambio TRM; EMBI+; Volúmenes de Intervención del Banco de la República; Control de capitales (dummy)	ARMA-GARCH-X	Los autores encuentran que: (i) Las compras discrecionales no alteran el nivel de la tasa de cambio; (ii) Los controles de capital no alteran la tasa de cambio pero sí la volatilidad (la aumentan); (iii) Un aumento del riesgo país deprecia la tasa TRM y aumentan su volatilidad asociada.
	Vargas y Rivera (2009)	Evaluar los efectos del control de capitales durante la Crisis Subprime 2008 sobre la media y la varianza de la tasa spot frente al dólar.	VIX Impuesto al Encaje Cambiario EMBI+ Latinoamérica sin Colombia Tasa de Cambio TRM	GARCH E-GARCH TARCH IGARCH	Los autores encuentran que para el caso colombiano: (i) Los controles de capital no fueron efectivos en depreciar la moneda; (ii) No reducen ni aumentan la volatilidad de la tasa de cambio; (iii) Los derivados cambiarios permitieron a los agentes del mercado especular contra la moneda a pesar de estos controles.
Estados Unidos	Baillie y Chang (2011)	Estudiar empíricamente si las estrategias de momentum y carry-trade tienen influencia en el rompimiento de la condición de Paridad de Tasas de Interés No-Cubierta.	Tasa de Cambio Dólar/Euro CDS Spread: VIX; IGBC; Intervención Diaria Total, sin discriminar por el tipo de intervención; TRM; Precios Forward	LSTR Stepwise Forward; Probit; Logit	Existe evidencia empírica para no rechazar la existencia de fenómenos tales como “ <i>carry trades</i> ” y “ <i>momentums</i> ” asociados a las fluctuaciones de la diferencia entre precio forward y precio spot. El fenómeno de “ <i>momentum</i> ” también aplica para el caso colombiano, donde las intervenciones del Banco de la República incentivan este comportamiento
Colombia	Reyes (2011)	Estudiar si existe evidencia empírica de <i>momentum</i> para la tasa de cambio spot peso/dólar colombiano.			
			PIB Colombia; PIB Estados Unidos; Términos de		(a) Los regímenes de sobre-apreciación de la tasa de cambio y equilibrio hacia la tasa de interés real tienden a ser

Colombia	Echavarría et. al. (2008)	Evaluar el patrón de desalineamiento de la tasa de cambio real, estudiando si los ataques especulativos y las distorsionadas cambiarias inciden en episodios de sobre-revaluación.	Intercambio; Tasas de Interés Internacionales; Tasa de Interés Real; Crecimiento de M2; Déficit Gubernamental; Deuda Externa Total; Exportaciones e Importaciones; Reservas Internacionales; Tasa de Cambio Peso/Dólar	Markov Switching; Regresión Simple; Probit Bivariado	estables, aunque es más probable pasar de un período de sobre-apreciación de la tasa de cambio a uno de equilibrio que al revés; (b) Los índices, ataques especulativos o distorsionadas cambiarias se concentran en períodos de sobre-revaluación o los años inmediatamente subsiguientes a estos. Hay una reducción fuerte de reservas internacionales y niveles altos de endeudamiento público y privado.
Países de América Latina	Couder y Vignon (2011)	Estudiar si la existencia de estrategias de carry-trading sirve para resolver en parte las anomalías de prima por paridad de interés descubierta y la prima <i>forward</i> . Estudiar si las ganancias derivadas de estas estrategias dependen del riesgo de default soberano.	Prima CDS Soberano; VIX; Tasas de cambio de países de América Latina; Tasa de Interés a un año de países de América Latina y Estados Unidos.	LSTR	El riesgo de default soberano contribuye al disparo de excesos de retornos por estrategias de carry-trading en el mercado cambiario durante períodos de incertidumbre para el caso de economías emergentes como las latinoamericanas.
	Loaiza et. al. (2015)	Evaluar los niveles de contagio de tasas cambiarias para los países de América Latina ante valores extremos, cuantificando el grado de dependencia entre ellas.	Para cada uno de varios países de América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Perú, México): Diferencial de Tasas de Interés; S&P500; VIX; Índices Accionarios de cada país; CDS; Tasa de Cambio frente al Dólar.	Cópulas de Vine GARCH-X	Los autores encuentran que: (a) No existe contagio cambiario durante episodios de depreciación pero sí durante apreciación, lo que es consistente con la tendencia de los inversionistas internacionales de tomar posiciones de activos de países emergentes cuando hay baja aversión al riesgo global; (b) Las estrategias de diversificación durante episodios de depreciación pueden ser más rentables que durante apreciación; (c) Las tasas de cambio de Chile, Colombia, Brasil y México exhiben alta codependencia entre sí durante apreciación, pero las de Perú y Argentina tienen bajas codependencia con las demás monedas.
Turquía	Sensoy y Sobaci (2014)	Estudiar los efectos de cambios fuertes de la volatilidad de la tasa de interés, la tasa de cambio y el índice accionario sobre las correlaciones entre	Tasa de Interés; Tasa de Cambio (Lira/Dólar); Índice Accionario Representativo	VAR-FIAPARCH-cDCC	Los autores encuentran que: (1) choques internacionales de poca duración alteran la volatilidad de las series estudiadas; (2) Existe una correlación positiva entre precios de bonos y acciones y entre precios de bonos y tasa de cambio; (3) Las fechas más importantes de cambios de

		ellas.	BIST100		volatilidad identificadas de forma endógena se ajustan de forma coherente a los hechos estilizados.
--	--	--------	---------	--	---

Tabla 6. Literatura revisada. Elaboración propia.

4. METODOLOGÍA EMPÍRICA Y DATOS

En esta sección se explican los modelos econométricos y la especificación de cada uno de ellos para responder a las preguntas planteadas como objetivos principales en la introducción. En la Tabla 7 se detalla el modelo a utilizar y autores de referencia para cada tópico específico a discutir.

Tema	Modelo Econométrico	Autores de Referencia
Momentum o Inercia de las Tasas spot y futuros TRM	Modelos de Respuesta Binaria Logit/Gompit	Gómez y García (2012) Reyes (2011)
Efectos de las Intervenciones Cambiarias en las Tasas spot	Modelo AR-EGARCH-X	Vargas y Rivera (2009) Durán (2015) Arbeláez y Steiner (2010)
Efectos de la Política Monetaria a través de la Tasa Interbancaria sobre las Tasas spot y futuros TRM	Modelo VAR-CCC-GARCH	Sensoy y Sobaci (2014)

Tabla 7. Temas y modelos econométricos utilizados.

4.1. METODOLOGÍA EMPÍRICA

4.1.1. MOMENTUM O INERCIA DE LAS TASAS SPOT Y FUTUROS TRM

Para estudiar empíricamente si existe *momentum* en estas tasas se utilizan modelos Logit/Gompit, siguiendo a Gómez y García (2012) y Reyes (2011).

Los modelos *Logit/Gompit* permiten modelar la probabilidad Pr de una característica o evento capturado en una variable dependiente y_i que sólo toma valores iguales a 0 o 1 (1 si se cumple una característica o evento, 0 si no). Esta variable dependiente tiene asociada una distribución acumulada F monótonicamente no-decreciente que representa la probabilidad de que la variable dependiente tome un valor igual a 1 condicionada a un conjunto de información representado por x_i y a un coeficiente β , de manera que

$$\Pr(y_t = 1|x_t, \beta) = F(x_t'\beta)$$

La modelación de esta probabilidad permite predecir el valor esperado de la variable dependiente, puesto que

$$\begin{aligned} E(y_t = 1|x_t, \beta) &= 1 \cdot \Pr(y_t = 1|x_t, \beta) + 0 \cdot \Pr(y_t = 0|x_t, \beta) \\ &= \Pr(y_t = 1|x_t, \beta) \end{aligned}$$

Se han propuesto distintos modelos de distribución acumulada (funciones F) que permitan modelar correctamente los datos que se tienen para una regresión econométrica. A partir de los criterios de Akaike y Schwarz se toma un modelo u otro:

Modelo	Especificación de la Función Acumulada
Logit	$\Pr(y_t = 1 x_t, \beta) = 1 - \left[\frac{e^{-x_t\beta}}{(1 + e^{-x_t\beta})} \right]$ $= \left[\frac{e^{x_t\beta}}{(1 + e^{x_t\beta})} \right]$
Valor Extremo (Gompit)	$\Pr(y_t = 1 x_t, \beta) = 1 - [1 - \text{Exp}\{-e^{-x_t\beta}\}]]$ $= \text{Exp}\{-e^{-x_t\beta}\}$

Es importante resaltar que, a diferencia de los Probit, los modelos Logit y Gompit modelan de manera satisfactoria las colas gruesas, y de allí su utilidad. La estimación de estos modelos se realiza por el método de máxima verosimilitud, como se muestra en Heij et. al. (2004).

El test propuesto por García y Suaza (2012) parte de la conformación de una variable binaria deducida a partir de los retornos de las tasas spot y futuros:

$$y_t = \begin{cases} 1, & \text{si el retorno de la tasa spot o futuro TRM en una fecha } t \text{ es positivo} \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Por lo tanto, $\Pr(y_t = 1|x_t, \beta)$ mide la probabilidad a lo largo del tiempo de que haya depreciación o aumentos de la tasa de futuros TRM. Esta probabilidad depende de distintos factores explicativos:

Las intervenciones cambiarias diarias, los Credit Default Swaps a 1 año (CDS1Y) medidos en puntos básicos y la variable de interés que es una *dummy* denominada *momentum*:

$$Momentum_{k,m,t} = \begin{cases} 1, & \text{si el signo de la variable dependiente en } t \text{ durante el período } k \text{ en el mercado } m \\ & \text{es distinto del valor que tiene en } t - 1 \\ 0, & \text{si el signo de la variable dependiente en } t \text{ durante el período } k \text{ en el mercado } m \\ & \text{es igual al que tiene en } t - 1 \end{cases}$$

Esta variable toma entonces valores iguales a 1 cuando existe intermitencia (los signos de los retornos de hoy son distintos de los de ayer) y 0 cuando hay persistencia de la tasa de cambio en un momento t (los signos son iguales). Un coeficiente $\beta_{k,m}$ negativo y significativo indica por lo tanto *momentum*.

El modelo a estimar por lo tanto es

$$\Pr(y_{tkm} = 1|x_t, \beta) = \alpha_{k,m} + \beta_{k,m}Momentum_{k,m,t} + \delta_{k,m}Intervenciones\ Cambiarias_t + \gamma_{k,m}CDS1Y_t + \varepsilon_t$$

En este documento se prueba si efectos asimétricos de esta tendencia inercial, como lo plantean también Gómez y García (2012), es decir, tanto cuando hay apreciación como cuando

hay depreciación. A continuación se describe la metodología. Todos valores en niveles de la tasa spot y futuros TRM con retornos positivos (indicando respectivamente depreciación y aumento de tasa de futuros TRM) fueron reorganizados en una serie continua para cada tasa. Dadas estas dos series continuas de niveles de tasas con retornos positivos asociados, se procedió a calcular de nuevo los retornos, de manera que se conformaron dos variables dependientes que toman valores iguales a 1 si hay retornos positivos para una fecha determinada y 0 de lo contrario. Este mismo procedimiento se hizo con los niveles de las tasas con retornos negativos (indicando respectivamente apreciación y caída de tasa de futuros TRM) para conformar otras dos variables binarias. En total se construyeron entonces cuatro variables binarias, donde cada una de ellas sigue una estructura definida por

$$y_{tkm}, \text{ donde} \\ m = \{FUTUROS, SPOT TRM\}$$

$$k = \{Depreciación (Aumento), Apreciación (Disminución)\}$$

4.1.2. EFECTOS DE LAS INTERVENCIONES CAMBIARIAS EN LAS TASAS SPOT Y FUTUROS

Para estudiar estos efectos en este documento se utilizan modelos AR-EGARCH-XM, cuyo esbozo teórico se explica a continuación.

Siguiendo a Nelson (1991), sea X_t una serie de tiempo integrada de orden 1 (I(1)) de manera tal que se puede transformar en una serie estacionaria convirtiendo sus valores en retornos mediante la resta de los logaritmos del valor actual y pasado:

$$R_t = \ln\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right)$$

Asumiendo que el retorno consiste de dos partes, una predecible y otra impredecible, se tiene entonces una ecuación de media

$$E(R_t|\varphi_{t-1}) + \varepsilon_t, \text{ donde } \varphi_{t-1} \text{ es toda la información disponible en } t-1.$$

Si los retornos siguen procesos autorregresivos (AR) y son explicados por un conjunto de variables de control X, la parte predecible de la Ecuación de la Media se puede escribir por lo tanto como

$$E(R_t|\varphi_{t-1}) = c_0 + \sum_{i=1}^k c_i R_{t-i} + \sum_{j=1}^l \partial_j X_{j,t}$$

Por último, asumiendo que la parte impredecible de los retornos se puede expresar como

$$\varepsilon_t = \sigma_t z_t, \text{ donde } \sigma_t \text{ es la volatilidad que varía en el tiempo y } z_t \sim D(0,1).$$

Si la Ecuación de Varianza o ecuación que modela la volatilidad con variables de control $X_{j,t}$ se puede especificar como

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \left[\left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right| - E \left(\left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right| \right) \right] + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2) + \sum_{k=1}^r \gamma_k \frac{\varepsilon_{t-k}}{\sigma_{t-k}} + \sum_{j=1}^l \vartheta_j X_{j,t}, \quad 0 < (\alpha_i, \beta_j) < 1,$$

Se tiene entonces un modelo AR(r)-EGARCH (p, q)-X, que captura el efecto asimétrico de la varianza ante noticias positivas y negativas, con una ecuación de media y otra de varianza por separado. Los valores de r, p y q dependen del número de rezagos incorporados dentro de las ecuaciones de media y varianza que permiten una correcta especificación del modelo después de realizar los *tests* de no correlación serial, no heterocedasticidad y efectos ARCH, como se discute en Durán (2015).

Uno de los objetivos de este estudio es observar si determinadas variables $X_{j,t}$ (como el control de capitales o las intervenciones cambiarias y riesgo país medido por los CDS a 5 años) tienen efecto sobre la media y varianza de las tasas spot y futuros TRM. No se hará énfasis en las interpretaciones de otros efectos que miden estos modelos.

Para corregir problemas de endogeneidad, la estimación tiene dos etapas de estimación:

1. En la primera etapa se explican las intervenciones cambiarias diarias mediante un modelo AR(1)-EGARCH(1,1)-X donde la ecuación de la media está en función de: (i) Las intervenciones mismas rezagadas un período para capturar patrones de aglomeración de intervenciones una vez el coeficiente asociado es positivo; (ii) las desviaciones de la tasa de inflación realizada respecto de la esperada en valores diarios; (iii) una variable de tasas spot acumuladas, que es la suma de las variaciones de la tasa de cambio de los últimos 20 días ($\sum_{i=1}^{20} Y_{t-i}$). De esta manera, se estima una *función de reacción de la Junta Directiva del Banco de la República* porque incorpora los determinantes de las intervenciones cambiarias, que en términos más formales se especifica como

Intervenciones Cambiarias_t

$$= \omega_0 + \kappa_0 \text{Intervenciones Cambiarias}_{t-1} + \rho_0 \text{Spot} - \text{Acumulado} + \delta_0 (\pi_t - \pi_t^*) + \varepsilon_t$$

$$\ln(\sigma_t^2) = \theta_i + \delta_{i1} \text{Log} |\text{GARCH}(-1)|_t + \rho_{i1} \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{[\text{GARCH}(-1)]^2} \right| + \vartheta_i \frac{\varepsilon_{t-1}}{[\text{GARCH}(-1)]^2}, \quad 0 < \delta_{i1} < 1,$$

donde $\text{Spot} - \text{Acumulado} = \sum_{i=1}^{20} Y_{t-i}$ y $\Delta(\pi_t - \pi_t^*)$ son las desviaciones mensuales de la inflación π_t respecto de la tasa meta π_t^* reexpresadas en valores diarios y en primeras diferencias.

2. En la segunda etapa se vuelven a utilizar modelos AR-EGARCH-X en dos modelos donde las variables dependientes son los retornos de las tasas spot y futuros TRM respectivamente. A diferencia de la etapa anterior, en la ecuación de la media de cada modelo se incluyen las intervenciones cambiarias, predichas en la primera etapa como variable explicativa (Intervenciones Cambiarias Estimadas), además de efectos auto-regresivos AR, medidas de riesgo país (CDS5Y) y una variable *dummy* de control de capitales (Control) como variables de

control, siguiendo a Vargas y Rivera (2009) y Arbeláez y Steiner (2010). La estructura de las ecuaciones entonces queda definida por

$$Y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{l=1}^r \gamma_l Y_{i,t-l} + \sum_{j=0}^p \beta_j CDS5Y_{i,t-j} + \sum_{m=0}^s \varepsilon_m Intervenciones\ Cambiarias\ Estimadas_{i,t-m} \\ + \sum_{k=0}^q \phi_k Control_{i,t-k} + \varepsilon_t$$

$$\ln(\sigma^2_t) = \theta_i + \sum_{c=0}^w \Delta_c CDS5Y_{i,t-c} + \sum_{e=0}^s \forall_e Intervenciones\ Cambiarias_{i,t-e} + \sum_{d=0}^u \tau_d Control_{i,t-d} + \\ \delta_{i1} \log |GARCH(-1)|_t + \delta_{i2} \log |GARCH(-2)|_t + \rho_{i1} \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{GARCH(-1)} \right| + \rho_{i2} \left| \frac{\varepsilon_{t-2}}{GARCH(-2)} \right| + \vartheta_i \frac{\varepsilon_{t-1}}{[GARCH(-1)]^2}.$$

$$0 < \delta_{i1}, \delta_{i2} < 1$$

$$Y_{i,t} = Retornos - Tasa\ Spot\ TRM, Retornos - Tasa\ Futuros\ TRM$$

Es importante resaltar que los retornos de la tasa de futuros TRM no se incluye la variable *dummy* de control de capitales, puesto que no se tienen datos de la evolución de esta serie durante la Crisis Subprime 2007-2009. El número de rezagos incluidos dependen de cada uno de los dos modelos.

La estimación por dos etapas corrige el sesgo de endogeneidad, como lo explica Durán (2015), puesto que aunque las intervenciones pueden o no tener efecto sobre la tasa de cambio, las intervenciones mismas dependen de las fluctuaciones acumuladas de la tasa de cambio, como se define por el Banco de la República mismo.

4.1.3. EFECTOS DE LA POLÍTICA MONETARIA SOBRE LA TASA SPOT

En este documento, se utilizan modelos VAR-CCC-GARCH para estudiar si la política monetaria a través de la tasa interbancaria (como *proxy* de la tasa de intervención) tiene efectos significativos sobre la tasa spot, de manera que se introduce aquí el planteamiento teórico de estos modelos siguiendo a Bauwens et. al. (2006).

Sea $\{y_t\}$ un proceso estocástico de dimensión $N \times 1$ condicionado a la información pasada del mismo proceso estocástico hasta $t-1$. Sea θ un vector finito de parámetros, se tiene entonces que

$$y_t = \mu_t(\theta) + \varepsilon_t,$$

donde $\mu_t(\theta)$ es el vector de medias condicionales y

$$\varepsilon_t = H_t^{\frac{1}{2}}(\theta) z_t,$$

donde $H_t^{\frac{1}{2}}(\theta)$ es una matriz definida positiva. H_t es una matriz de varianzas condicionales, puesto que

$$Var(y_t | I_{t-1}) = Var_{t-1}(y_t) = Var_{t-1}(\varepsilon_t) = H_t^{\frac{1}{2}} Var_{t-1}(z_t) \left(H_t^{\frac{1}{2}} \right)' = H_t$$

Por último en el término de error se tiene un vector aleatorio z_t de tamaño $N \times 1$, que satisface que

$$E(z_t) = 0$$

$$Var(z_t) = I_N$$

El problema se traslada entonces a definir qué es H_t . Existen diversas especificaciones para esa matriz, dependiendo de los modelos disponibles. Sea h_{iit} definido como un modelo GARCH i , la estructura de la varianza condicional del modelo DCC-GARCH se define como

$$H_t = D_t R D_t = (\rho_{ij} \sqrt{h_{iit} h_{jjt}}),$$

$$\text{donde } D_t = \text{Diag}(h_{11t}^{1/2} \dots h_{NNt}^{1/2})$$

$$\text{y } R_t = \text{Diag}(q_{11t}^{\frac{1}{2}} \dots q_{NNt}^{\frac{1}{2}}) Q_t \text{Diag}(q_{11t}^{\frac{1}{2}} \dots q_{NNt}^{\frac{1}{2}}), \text{ donde}$$

$Q_t = (q_{ij})$ es una matriz simétrica definida de orden N dada por

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{Q} + \alpha u_{t-1} u_{t-1}' + \beta Q_{t-1}$$

$\bar{Q}$ es una matriz de varianza no condicional de u_t de tamaño $N \times N$, y tanto α como β son parámetros escalares no negativos tales que $\alpha + \beta < 1$ (Bauwens et. al (2006)).

Los modelos DCC-GARCH son estimados por el Método de Máxima Verosimilitud en dos etapas, cuyo procedimiento describe en Bauwens et. al. (2006). En el caso de que $\alpha = \beta = 0$, se tiene un modelo VAR-CCC-GARCH, de manera que se puede testear mediante la restricción impuesta sobre α y β cuál modelo se ajusta mejor a los datos (Bejarano et. al., 2015). Los coeficientes de Akaike y de Schwarz también permiten definir qué modelo se ajusta mejor.

Para analizar los efectos de la política monetaria a través de la tasa de intervención sobre los mercados cambiarios, se toman como variables dependientes de cada una de las ecuaciones los retornos de la tasa interbancaria ($r_{TASA\ INTERBANCARIA,t}$), la tasa spot ($r_{SPOT\ TRM,t}$) y la tasa de futuros TRM ($r_{FUTUROS,t}$), mientras que la serie de retornos de los CDS (*Credit Default Swaps*) a 5 años ($CDS5Y_{t-1}$) se introduce como variable explicativa de la tasa de futuros TRM. En cada ecuación se introducen también como variables explicativas los rezagos de algunas de las variables dependientes, de manera que se tiene un modelo VAR con efectos GARCH multivariados, aproximación seguida por Sendoy y Sobaci (2014) y Bejarano et. al. (2015).

Las ecuaciones de media y varianza siguen una estructura definida por:

(i) Ecuaciones de la Media

$$r_{FUTUROS,t} = \mu_{FUTUROS} + \zeta_1 r_{FUTUROS,t-1} + \zeta_2 CDS5Y_{t-1} + \varepsilon_{FUTUROS,t}$$

$$r_{TASA\ INTERBANCARIA,t} = \mu_{TASA\ INTERBANCARIA} + \varepsilon_{TASA-INTERBANCARIA,t}$$

$$r_{SPOT\ TRM,t} = \mu_{SPOT\ TRM} + \tau_1 r_{FUTUROS,t-1} + \tau_2 r_{TASA-INTERBANCARIA,t-1} + \varepsilon_{SPOT\ TRM,t}$$

$$\varepsilon_{i,t} = (\varepsilon_{1,t}, \dots, \varepsilon_{k,t})' \sim (0, H_t)$$

Es importante mencionar que a partir de este conjunto de ecuaciones se estudia también si variables financieras tales como los CDS a 5 años tienen impactos sobre la tasa de futuros TRM y por lo tanto sobre la tasa spot TRM, y no sólo efecto de la tasa de intervención sobre la tasa spot a través de la significancia del coeficiente τ_2 . El rol desestabilizador de los futuros TRM, como derivados cuyo ejercicio de contratos transmite turbulencia cambiaria hacia el mercado spot, es por tanto tenido en cuenta en esta estructura multivariada en el coeficiente τ_1 . No tenerlo en cuenta podría sesgar los resultados de las estimaciones vía variable omitida.

Lamentablemente no se obtuvieron resultados satisfactorios en las especificaciones de otros modelos relativamente similares debido a la baja robustez, de manera que no queda estudiado directamente el efecto de la tasa interbancaria sobre la tasa de futuros.

(ii) Ecuaciones de la varianza

$$H_t = D_t R_t D_t$$

$$D_t \text{ es una matriz diagonal con } [D_t]_{ii} = \sqrt{h_{i,t}}$$

$$h_{FUTUROS,t} = \omega_{FUTUROS} + \alpha_{FUTUROS} \varepsilon_{FUTUROS,t-1}^2 + \beta_{FUTUROS} h_{FUTUROS,t-1}^2 + \lambda CDS5Y_{t-1}$$

$$h_{TASA-INTERBANCARIA,t} = \omega_{TASA-INTERBANCARIA} + \alpha_i \varepsilon_{TASA-INTERBANCARIA,t-1}^2$$

$$h_{SPOT\ TRM,t} = \omega_{SPOT\ TRM} + \alpha_{SPOT\ TRM} \varepsilon_{SPOT\ TRM,t-1}^2$$

$$\omega_i > 0, (\alpha_i, \beta_i) \geq 0, \alpha_i + \beta_i < 1$$

$$R_t = Q_t^{*-1} Q_t Q_t^{*-1}$$

$$Q_t = (1 - a - b) Q^- + a \pi_{t-1} \pi'_{t-1} + b Q_{t-1}$$

$$(a, b) \geq 0, a + b < 1$$

$$\pi_t = D_t^{-1} \varepsilon_t, [Q_t]_{ij} = q_{ij,t}, [Q_t^*]_{ii} = \sqrt{q_{ii,t}}, i, j = \{FUTUROS, SPOT\ TRM, TASA\ INTERBANCARIA\}$$

En la ecuación de la varianza de los futuros TRM, el coeficiente λ captura el impacto de variables internacionales sobre la volatilidad de la tasa de futuros.

4.2. COEFICIENTES ESPERADOS DE LOS MODELOS UTILIZADOS

Los coeficientes esperados para los modelos econométricos utilizados se detallan en la Tabla 8. La justificación de la inclusión de cada variable en cada uno de los modelos se presenta de manera conjunta en la sección de resultados empíricos con el fin de interpretar de forma integral y completa los resultados obtenidos.

Efecto a Medir	Variable de Respuesta	Variable de Impulso y Signo Esperado	Coefficiente(s) Esperado (s)
Efectividad de las Intervenciones Cambiarias	Intervenciones Cambiarias	Intervenciones Cambiarias (-1)	$\kappa_o > 0$
	Intervenciones Cambiarias	<i>Spot – Acumulado</i>	$\rho_o < 0$
	Intervenciones Cambiarias	$\Delta(\pi_t - \pi_t^*)$	$\delta_o < 0$
	Retornos Tasa spot TRM Retornos Tasa futuros TRM	Credit Default Swaps (CDS5Y)	$\beta_j > 0$
	Retornos Tasa spot TRM Retornos Tasa futuros TRM	Intervenciones Cambiarias Estimadas	$\varepsilon_m > 0$
	Retornos Tasa spot TRM	Control de Capitales	$\phi_k > 0$
	Volatilidad de Tasa spot TRM Volatilidad de Tasa futuros TRM	Credit Default Swaps (CDS5Y)	$\Delta_c > 0$
	Volatilidad de Tasa spot TRM Volatilidad de Tasa futuros TRM	Intervenciones Cambiarias Estimadas	$\forall_e < 0$
	Volatilidad de Tasa spot TRM	Control de Capitales	$\tau_d < 0$
Momentum	Retornos Tasa futuros TRM (Versión Binaria) Retornos Tasa spot TRM (Versión Binaria)	Momentum	$\beta_{k,m} < 0$
	Retornos Tasa futuros TRM (Versión Binaria) Retornos Tasa spot TRM (Versión Binaria)	Intervenciones Cambiarias	$\delta_{k,m} < 0$
	Retornos Tasa futuros TRM (Versión Binaria) Retornos Tasa spot TRM (Versión Binaria)	Credit Default Swaps 1 año (CDS1Y)	$\gamma_{k,m} > 0$
Efectos de la Política Monetaria sobre los Mercados Cambiarios	Retornos Tasa futuros TRM	Credit Default Swaps - 5 años (CDS5Y)	$\zeta_2 > 0$
	Retornos Tasa spot TRM	Retornos Tasa futuros TRM	$\tau_1 > 0$
	Retornos Tasa spot TRM	Retornos Tasa Interbancaria	$\tau_2 < 0$
	Volatilidad de Tasa futuros TRM	Credit Default Swaps 5 años (CDS5Y)	$\lambda > 0$

Tabla 8. Coeficientes esperados de los modelos econométricos utilizados.

4.3. DATOS

Se utilizaron series de 2'038 observaciones de días transables desde el 17 de Noviembre del 2007 hasta el 17 de Marzo del 2015 para el mercado spot TRM, mientras que para el mercado de futuros TRM se tienen 1'654 observaciones desde el 18 de Junio del 2009 hasta el 17 de Marzo del 2015. Debido a la existencia de *missing values* para las series utilizadas, se realizaron interpolaciones lineales para completar estos valores². La descripción de las series a utilizar, así como las fuentes de información se presentan en la Tabla 9. Para la obtención de los márgenes de compra y venta en el mercado forward analizado en el Apéndice A se revisaron 2'038 informes diarios, debido a que el Banco de la República no reporta series continuas. La mayor parte de las series son diferenciadas o transformadas en retornos para eliminar problemas de raíz unitaria, como se muestra en el Apéndice B mediante la aplicación de los test de Dickey-Fuller Aumentado.

Variable	Fuente de Información	Periodicidad	Definición y Transformaciones Realizadas
CDS1Y (Credit Default Swap a 1 año)	Datastream	Diaria	Proxy de riesgo país de corto plazo (1 año).
futuros TRM	Investigaciones Económicas Grupo Bancolombia	Diaria	Tasa a la que se transan futuros TRM. Sólo se tienen datos desde el 19 de Junio del 2009.
spot TRM (Tasa de Cambio Peso/Dólar)	Banco de la República	Diaria	Tasa Representativa del Mercado Cambiario Peso/Dólar.
IGBC (Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia)	Grupo Aval	Diaria	Serie representativa del mercado accionario colombiano hasta Noviembre del 2013, pero se toma la serie completa debido a que cubre gran parte del período de estudio.
Volumen de Intervenciones Cambiarias Del Banco de la República	Banco de la República	Diaria	Para propósitos de evaluación conjunta de todos los tipos de intervención, se suman todos los montos diarios en millones de dólares, como se especifica en Reyes (2011). En algunos test de robustez se muestran desagregados.
Tasa Interbancaria	Banco de la República	Diaria	Se toma como proxy de la tasa de intervención. La literatura empírica ha encontrado que la efectividad de la transmisión entre estas tasas sí tiene lugar. Refleja de manera plausible la liquidez entre los bancos.
CDS5Y (Credit Default Swap a 5 años)	Datastream	Diaria	Proxy de riesgo país de largo plazo y de la variable EMBI+ Colombia.
Desviaciones de la Tasa de Inflación Objetivo	Banco de la República	Mensual transformada a diaria	Se calcula para cada mes del período de estudio la diferencia entre la inflación observada y la esperada. Como se estudian las intervenciones con datos diarios, entonces se repite para cada día del mes correspondiente estas diferencias (Durán (2015)). Como no son estacionarias estas desviaciones por el test de Dickey-Fuller Aumentado, se diferencian una vez.
Diferencias de Tasas de Interés Internacionales	Banco de la República Reserva Federal de Nueva York	Diaria	Se calcula para cada día la diferencia entre la tasa interbancaria de Colombia y la de Estados Unidos.
Control de Capitales	Especificación de Vargas y Rivera (2009) y Arbeláez y Steiner (2010).	Diaria	Es una variable dummy. Toma valores iguales a 1 desde el 13 de Noviembre del 2007 hasta el 2 de Octubre del 2008, 0 en los demás días.

Tabla 9. Variables utilizadas en el contraste empírico.

5. RESULTADOS EMPÍRICOS

5.1. EFECTOS DE LAS INTERVENCIONES CAMBIARIAS SOBRE LOS MERCADOS CAMBIARIOS

(i Etapa): *Lean Against the Wind*

En la Tabla 10 se muestran los resultados de la estimación de la función de reacción del Banco de la República (o de los determinantes de las intervenciones cambiarias diarias), mientras que en la Figura 9 se muestran los diagramas de puntos entre los montos de estas intervenciones y algunas variables explicativas de la ecuación de la media.

Función de Reacción de la Junta Directiva del Banco de la República (AR-EGARCH-X) Variable Dependiente: Intervenciones Cambiarias	
Variable	Variable
Ecuación de Media	
Constante	6713595 ^a (0.0000)
Cambio de las Desviaciones Mensuales de la Meta Inflacionaria	-4'676'438 ^a (0.0000)
Intervenciones Cambiarias (-1)	0.661984 ^a (0.0000)
spot – Acumulado	-1587.798 ^a (0.0000)
Ecuación de Varianza	
Constante	-0.012414 (0.8028)
$\frac{\varepsilon_{t-1}}{ \text{GARCH}(-1) ^2}$	10.13770 ^a (0.0004)
Log GARCH (-1)	0.997035 ^a (0.0000)

Tabla 10. Estimación de la función de reacción de las intervenciones del Banco de la República. Modelo E-GARCH-X. a. Coeficientes significativos al 10% de significancia. El coeficiente positivo y menor que 1 del término GARCH en la ecuación de varianza indica que se cumple la condición de estabilidad para este tipo de modelos. Las pruebas de estacionariedad de las series utilizadas se presentan en el Apéndice B, mientras que las de robustez de los modelos utilizados se presentan en el Apéndice D.

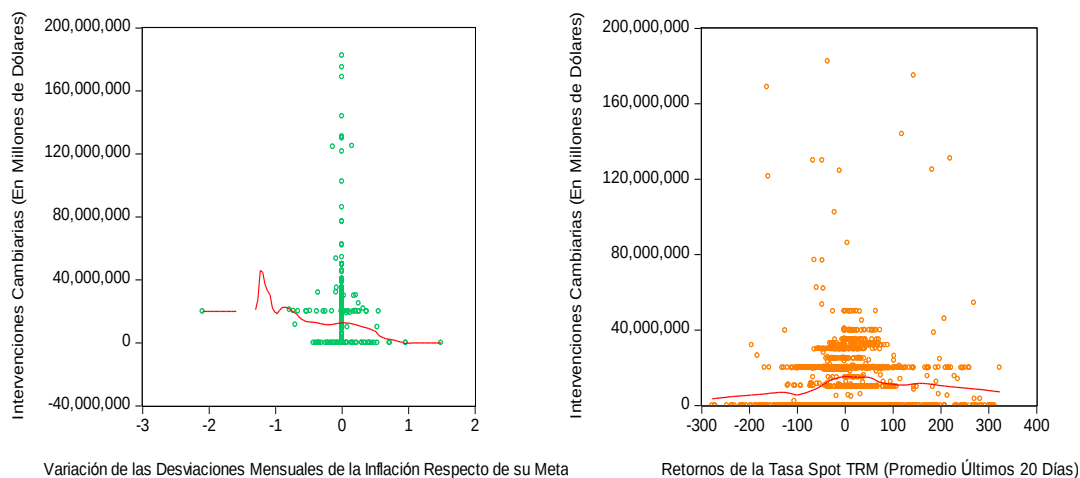


Figura 9. Intervenciones cambiarias del Banco de la República vs. variación de las desviaciones mensuales de la inflación respecto de su meta (izquierda). Intervenciones cambiarias del Banco de la República vs. Retornos acumulados de la tasa spot de los últimos 20 días (derecha). Todas las intervenciones cambiarias se muestran en valores positivos en estos gráficos, pero en el modelo EGARCH los montos de intervenciones put control de volatilidad tienen valores negativos. Elaboración propia.

Las conclusiones obtenidas a partir de la Tabla 10 son iguales a las de Durán (2015):

- (1) Los aumentos en las desviaciones de la tasa de inflación realizada respecto de la inflación objetivo (o tasas de inflación por encima de la de la meta) hacen que las intervenciones cambiarias se reduzcan en monto. Esto es consistente con el fenómeno de *“lean against the wind”* o luchar contra el viento estudiado por la literatura empírica, donde tasas de inflación realizada por encima de las tasas objetivo hace que los bancos centrales aumenten la tasa de interés para evitar sobrecalentamientos de la economía, de manera que tienen menores incentivos para intervenir en el mercado cambiario y de esta manera depreciar la moneda. Como se puede observar en el gráfico de la izquierda de la Figura 9, esta relación negativa es confirmada por los datos.
- (2) Los incrementos persistentes de la tasa spot medidos por los retornos acumulados de los últimos 20 días de esta tasa hacen que el monto de las intervenciones cambiarias disminuya, un resultado también consistente con el fenómeno mencionado en el numeral anterior. Como lo menciona Kamil (2008), este resultado implica que los bancos centrales tienden a intervenir menos cuando hay depreciaciones de las tasas de cambio que cuando hay apreciaciones, una observación que es respaldada por los datos: en el gráfico de la derecha de la Figura 9 se observa que cuando los retornos acumulados de los últimos 20 días la tasa de cambio son negativos (apreciación), las intervenciones cambiarias aumentan, pero cuando son positivos (depreciación), estas disminuyen.
- (3) Las intervenciones cambiarias tienden a estar aglomeradas, como se puede deducir de la significancia al 10% del coeficiente positivo de las intervenciones cambiarias rezagadas un período.

(ii Etapa) Efectos del Control de Capitales y las Intervenciones Cambiarias sobre las Tasas spot y futuros TRM

En la Tabla 11 se presentan los resultados de la segunda etapa de estimación, como se explicó en la sección de metodología empírica.

Tasa spot TRM Var. Dep: Retornos de Tasa de Cambio Peso/Dólar – spot AR-EGARCH-X		Tasa futuros TRM Var. Dep: Retornos de Tasa de Cambio Peso/Dólar – futuros AR-EGARCH-X	
Variable	Coefficiente Estimado (Estadístico-t y p-valor)	Variable	Coefficiente Estimado (Estadístico-t y p-valor)
Ecuación de Media		Ecuación de Media	
Constante	-5.31E-05 (0.9085)	Constante	-3.69E-05 (0.7915)
Intervenciones Cambiarias Estimadas	4.39E-12 (0.6641)	Intervenciones Cambiarias Estimadas	5.88E-12 (0.3966)
Intervenciones Cambiarias Estimadas (-1)	9.28E-13 (0.9126)	CDS5Y	1.17E-11 ^a (0.0000)
Control de Capitales	0.001008 (0.1931)	CDS5Y (-1)	0.004908 ^a (0.0744)
CDS5Y (-1)	0.058365 ^a (0.0718)	AR (1)	0.067411 (0.0003)
AR (1)	0.0982325 ^a (0.0000)	AR (12)	0.047494 ^a (0.0102)
AR (45)	-0.029047 ^a (0.0906)	AR (20)	0.051471 ^a (0.0043)
AR (92)	-0.037630 ^a (0.0350)	AR (97)	0.005255 (0.7385)
Ecuación de Varianza		Ecuación de Varianza	
Constante	-0.538894 ^a (0.0000)	Constante	-0.082907 ^a (0.0051)
$\frac{\varepsilon_{t-1}}{ GARCH(-1)^2 }$	0.319751 ^a (0.0000)	$\frac{\varepsilon_{t-1}}{ GARCH(-1)^2 }$	0.097261 ^a (0.0000)
Log GARCH (-1)	0.158640 ^a (0.0000)	$\frac{\varepsilon_{t-1}}{GARCH(-1)^2}$	0.058079 ^a (0.0000)
Log GARCH (-2)	0.813069 ^a (0.0000)	Intervenciones	6.45E-08 ^a (0.0000)
Intervenciones	-7.51E-09 ^a (0.0001)	Intervenciones (-1)	-6.48E-08 ^a (0.0000)
Intervenciones (-1)	-7.51E-09 ^a (0.0001)	CDS5Y	1.848319 ^a (0.0001)

Control de Capitales	6.75E-09 ^a (0.0004)	
CDS5Y	1.632164 ^a (0.0033)	

Tabla 11. Funciones de respuesta de las tasas spot y Futuro TRM ante intervenciones cambiarias del Banco de la República. Modelos AR-E-GARCH-X estimados. a. Coeficientes significativos al 10% de significancia. El coeficiente positivo y menor que 1 del término GARCH en la ecuación de varianza indica que se cumple la condición de estabilidad para este tipo de modelos. Las pruebas de estacionariedad de las series utilizadas se presentan en el Apéndice B y las de robustez de los modelos utilizados se presentan en el Apéndice D. Aunque se trató de incorporar el diferencial de tasas de interés en las ecuaciones de media y varianza para las dos tasas, no se encontraron resultados significativos, de manera que se omitió esta variable en las estimaciones.

De acuerdo con la Tabla 11, se puede concluir que:

- (1) Los incrementos del riesgo país medido por los CDS a 5 años tienen efectos positivos sobre la media y varianza de las tasas spot y futuros TRM, reflejando la vulnerabilidad de este mercado ante choques internacionales, como lo confirman Couder y Vignon (2011) y Vargas y Rivera (2009).

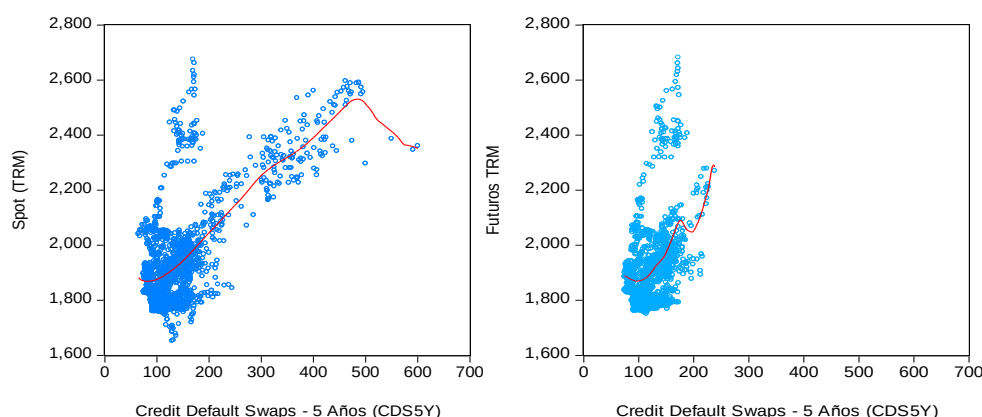


Figura 10. Diagramas de puntos Credit Default Swaps a 5 Años (CDS5Y) vs. Tasas spot y futuros TRM. Las líneas rojas indican regresiones de ajuste Kernel. Elaboración propia.

En la Figura 10 se muestran las relaciones entre el riesgo país (CDS5Y) y las tasas spot y futuros TRM, donde se corroboran las relaciones positivas entre estas variables. Es importante observar sin embargo que la relación entre el riesgo país y la tasa de futuros es aún más fuerte que entre el riesgo país y la tasa spot, lo que refleja la fragilidad los mercados de derivados cambiarios.

- (2) Los controles de capital aplicados durante 2007 y 2008 no tuvieron una influencia significativa sobre la ecuación de la media de la tasa spot, como lo encuentran Vargas y Rivera (2009) y Rincón y Toro (2010), pero sí sobre la ecuación de la varianza: a un nivel de significancia del 10% se encuentra que la aumentó. Esto se puede deber a que la aplicación de medidas regulatorias ante la expectativa de peores crisis hace que los agentes tengan mayor incertidumbre, impactando los mercados cambiarios. No se pudo estudiar si tuvieron efecto sobre la tasa de futuros debido a que la serie de tasas pactadas de futuros TRM obtenida no cubre los años 2007 y 2008.

Este resultado no quiere decir que estos controles hayan sido ineficientes en la mitigación de los impactos de la crisis sobre el sector real colombiano, pero sí quiere decir que tuvieron el efecto contrario al deseado sobre la tasa de cambio, que era estabilizar su media o por lo menos reducir su varianza. Resultados similares se obtienen al sustituir la variable de impuestos al encaje por la variable *dummy* de control de capitales utilizada, como lo proponen Vargas y Rivera (2009).

- (3) Las intervenciones cambiarias del Banco de la República no tuvieron impactos significativos sobre las ecuaciones de la media de las tasas spot y futuros TRM. Respecto de los efectos de estas intervenciones sobre las ecuaciones de varianza, para ambas tasas no se encuentran resultados estables: estas intervenciones sin rezagos reducen o aumentan la volatilidad de estas tasas, pero las intervenciones pasadas aumentan o reducen las volatilidades asociadas en magnitudes similares, de manera que no se tienen efectos contundentes. Esto se puede explicar por una falla generalizada: la ineffectividad de las políticas de los bancos centrales de los países emergentes que intentan mitigar las turbulencias de los mercados internacionales, mercados que son sensibles a entradas o salidas masivas de capital extranjero.

Como prueba de robustez, se realizaron regresiones adicionales con modelos Logit/Gompit donde las variables dependientes toman valores iguales a 1 si para una fecha determinada hay aumento de la tasa spot TRM y 0 de lo contrario. Con la tasa de futuros TRM se hizo lo mismo. Los resultados se presentan en la Tabla 12.

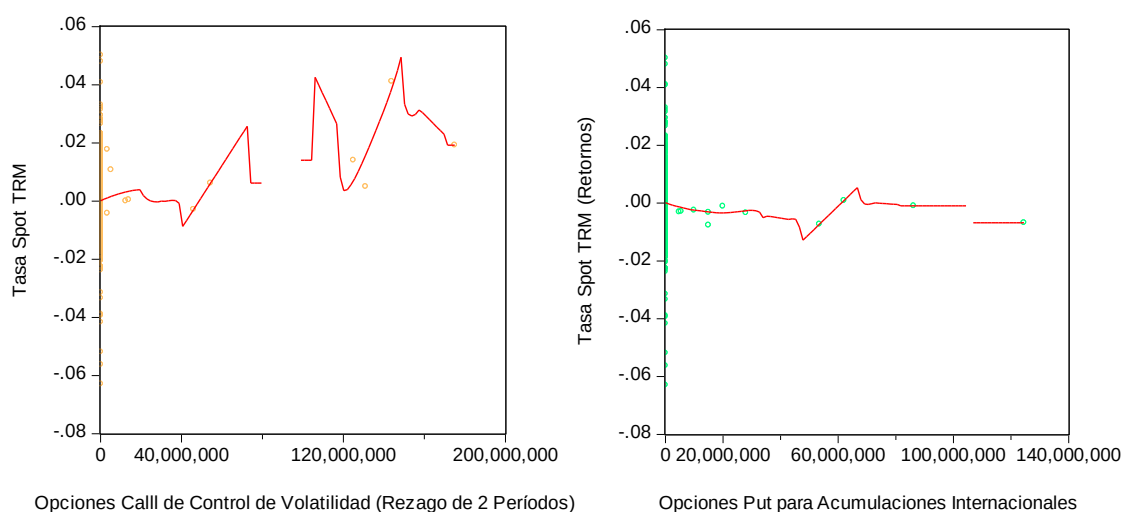
Variable Explicativa / Variable Dependiente	Dummy Retornos Tasa spot (1, si hay depreciación)	Dummy Retornos Tasa spot (1, si hay depreciación)	Dummy Retornos Tasa futuros (1, si hay aumentos)
Constante	-0.6111550 (0.0000) ^a	-0.190228 (0.3791)	0.202966 (0.0002) ^a
Compra Directa de Dólares	-2.48E-08 (0.0000) ^a	-2.53E-08 (0.0000) ^a	5.41E-09 (0.1421)
Compra Directa de Dólares (-1)	4.25E-08 (0.0000) ^a	4.19E-08 (0.0000) ^a	-9.08E-10 (0.8024)
Opciones Put Control de Volatilidad	-8.35E-08 (0.2010) ^a	-8.07E-08 (0.2983)	
Opciones Call Control de Volatilidad	0.062447 (0.1170)	1.90E-08 (0.2687)	
Opciones Put para Acumulaciones Internacionales	-2.51E-08 (0.2401)	-2.13E-08 (0.2983)	
CDS5Y			10.83361 (0.0000) ^a
CDS5Y (-1)	16.68606 (0.0000) ^a	16.71372 (0.0000) ^a	

IGBC (-1)			-10.87926 (0.0069) ^a
Diferencia de Intereses Internacionales		-0.110295 (0.0821) ^a	
Control de Capitales	-7.326390 (0.9638)		
Control de Capitales (-1)	7.771494 (0.9616)		

Tabla 12. Modelos Logit/Gompit estimados. Tienen correcta especificación a un nivel de significancia del 10% por los tests de Hosmer-Lemeshov y Andrews. Tests de ajuste usuales como pseudo-R cuadrado de McFadden, porcentaje de predicción correcta y multicolinealidad por VIF también arrojan buen ajuste del modelo. a. Coeficientes significativos al 10% de significancia. Los tests de estacionariedad de las series utilizadas se presentan en el Apéndice B.

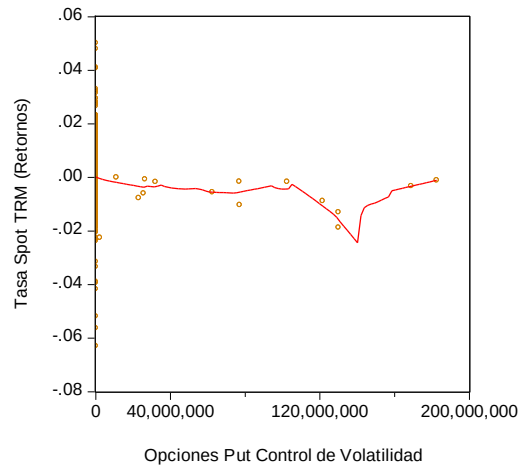
Los resultados presentados en esta última tabla indican que ninguna de las formas de intervención fue significativa para explicar aumentos de las spot y futuros TRM después de controlar por el riesgo país CDS5Y, el índice accionario colombiano IGBC o el diferencial de tasas de intereses internacional. La *compra directa de dólares* rezagada un período sí tuvo efectos positivos sobre la tasa spot, pero la compra de dólares sin rezagos presentó un signo negativo, indicando por tanto que no existen resultados que demuestren su efectividad. Por consiguiente, ninguno de ellos ha logrado tener influencias decisivas sobre la tasa de cambio para la mayor parte del período analizado.

Los resultados anteriores son respaldados un análisis descriptivo de los mismos datos. En la Figura 11 se muestran cinco diagramas de puntos, donde uno de ellos muestra la relación entre Tasas futuros TRM y los montos de Compra Directa de Dólares (Panel E), mientras los otros cuatro muestran la relación entre la tasa spot TRM y los montos de intervenciones cambiarias discriminados por tipos (Paneles A, B, C y D).

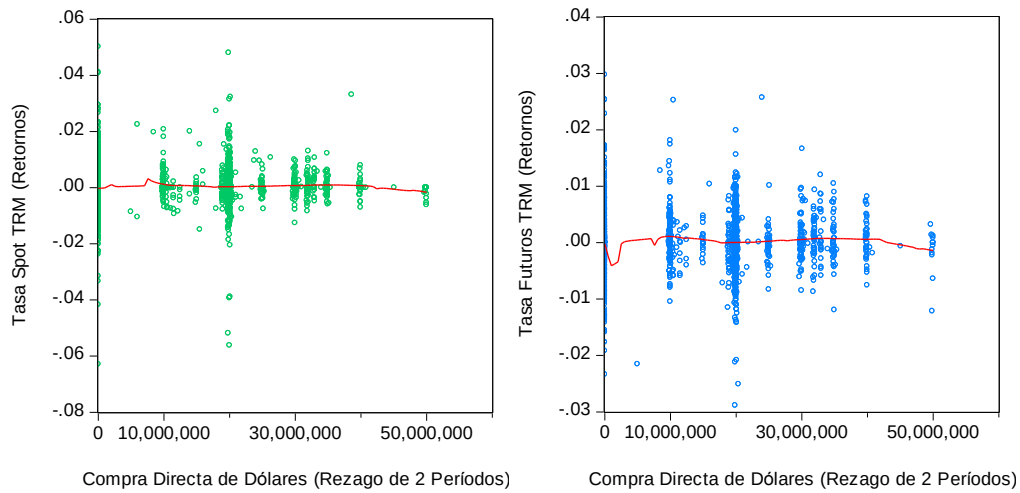


Panel A

Panel B



Panel C



Panel D

Panel E

Figura 11. Tasa spot y futuros TRM vs. Montos de Intervenciones Cambiarias del Banco de la República por tipos de intervención en dólares rezagadas dos días. Compras Directas de Dólares, Opciones Put y Call Control de Volatilidad y Opciones Put de Acumulaciones Internacionales. Los resultados no cambian ante la elección de distintos rezagos. Para la tasa de futuros TRM se obtienen resultados similares a los de la tasa spot TRM. Las líneas de color rojo indican regresiones de ajuste de Kernel.

Sería de esperarse que en la medida que el monto de las intervenciones sea mayor, los retornos de las tasas spot y futuros TRM tomen valores mayores. Pero no es así: excepto para las opciones *call* de control de volatilidad (Panel A) que fueron rara vez aplicados, mayores montos de intervención cambiaria no se corresponden con retornos mayores. Las intervenciones a gran escala entonces no tienen los efectos esperados, contrario a lo encontrado por Durán (2015) y Echavarría et. al. (2009).

5.2. MOMENTUM EN LOS MERCADOS CAMBIARIOS

En la Tabla 13 se muestran los resultados de las estimaciones de los cuatro modelos de respuesta binaria especificados en la metodología empírica para investigar si existe o no tendencia inercial en las fluctuaciones de las tasas spot y futuros TRM. La variable de interés es la de *momentum*.

Variable Dependiente: Aumento o Disminución de los Retornos spot y futuros TRM				
Modelo/Variable	Montos de Intervención Cambiaria	CDS1Y	Momentum*	Constante
Modelo I (spot – Apreciación)	-3.73E-09 (0.2004)	1.989814 (0.0000) ^a	1.038295 (0.0000) ^a	-0.638157 (0.0000) ^a
Modelo II (spot – Depreciación)	1.21E-08 (0.0677) ^a	4.498624 (0.0000) ^a	-1.461709 (0.0000) ^a	1.368347 (0.0000) ^a
Modelo V (futuros – Apreciación)	-7.60E-09 (0.1430)	6.187423 (0.0000) ^a	0.850036 (0.0000) ^a	-0.716580 (0.0000) ^a
Modelo VI (futuros – Depreciación)	3.83E-09 (0.3456)	4.117680 (0.0000) ^a	-0.211988 (0.0727) ^a	0.587405 (0.0000) ^a

Tabla 13. Modelos Logit/Gompit estimados. a. Coeficientes significativos a un nivel de significancia del 10%. En azul se muestran las variables significativas para cada uno de los cuatro modelos. Los tests de estacionariedad débil de las series utilizadas se presentan en el Apéndice B, y los tests de robustez de los modelos Logit/Gompit utilizados se presentan en el Apéndice C.

A partir de los resultados consignados en esta tabla se puede inferir que:

- (1) *Existe tendencia inercial o momentum para las tasas spot y futuros Peso/Dólar durante períodos de depreciación pero no durante apreciación.* El signo positivo de la variable de *momentum* durante apreciación de la tasa spot y reducciones de la tasa de futuros, y el signo negativo de esta misma ante aumentos de la tasa spot (en cuyo caso es depreciación) y futuros tienen dos interpretaciones:
 - (i) Signo positivo y significativo (apreciación): La no existencia de *momentum* o intermitencia de las tasas spot y futuros cuando hay apreciación. Existen períodos cortos de reversión a la media que son explotados por agentes del mercado que toman posiciones cortas en dólares durante ataques especulativos (Gómez y García, 2012).
 - (ii) Signo negativo y significativo (depreciación): Dado que existe depreciación de la tasa de cambio en una fecha t , lo más probable es que en $(t+1)$ también exista depreciación, lo que se conoce como *momentum*. En consecuencia, los agentes del mercado explotan esta tendencia comprando dólares en t para cambiarlos en los días próximos por pesos, para adquirir de nuevo dólares y generándose por tanto ciclos especulativos de altos retornos (Reyes, 2011).
- (2) Las intervenciones del Banco de la República *no* han intensificado aumentos de las tasas spot y futuros TRM durante periodos de apreciación, contrario a lo encontrado por Reyes (2011). Para el mercado spot estas intervenciones incluso parecen aumentar el nivel de la tasa cuando hay depreciaciones cortas (Modelo II), capturando tal vez el

hecho de que las intervenciones del Banco de la República (quizás más específicamente las compras directas de dólares) impulsaron aumentos en la volatilidad de las tasas spot y futuros durante períodos cortos, como se explicó en la sección anterior;

- (3) Los incrementos del riesgo país de corto plazo sí tienen influencia decisiva en los mercados spot y futuros TRM tanto durante períodos de apreciación como de depreciación. De esta manera, se confirman los resultados encontrados mediante la utilización de modelos AR-EGARCH-X.

La naturaleza inercial de ambas tasas, cuando presentan incrementos, puede ser problemática para los formuladores de política cambiaria, puesto que el margen de acción es reducido ante la incertidumbre y actividades especulativas de los agentes del mercado.

5.3. EFECTOS DE LA POLÍTICA MONETARIA SOBRE LA TASA SPOT

Como se explicó en la metodología empírica, se estimó un modelo VAR(1)-CCC-GARCH(1,1) y un VAR(1)-DCC-GARCH(1,1,1) para estudiar si la política monetaria, a través de la tasa interbancaria, tiene efectos sobre la tasa spot, donde se seleccionó al primero como mejor modelo por los criterios utilizados en el Apéndice E. Los resultados de las estimaciones de ambos modelos se muestran en la Tabla 14.

Modelo VAR-CCC-GARCH(1,1,1)		Modelo VAR-DCC-GARCH(1,1,1)	
Variables Dependientes: Retornos Diarios – Tasa Interbancaria Retornos Diarios – Tasa spot Peso/Dólar Retornos – futuros TRM		Variables Dependientes: Retornos Diarios – Tasa Interbancaria Retornos Diarios – Tasa spot Peso/Dólar Retornos – futuros TRM	
Coefficiente Estimado	Variable (P-valor)	Coefficiente Estimado	Coefficiente Estimado (P-valor)
Ecuación Media – futuros TRM		Ecuación Media – futuros TRM	
Constante	512.0253 ^a (0.0000)	Constante	511.7233 ^a (0.0000)
futuros TRM (-1)	0.2405411 ^a (0.0000)	futuros TRM (-1)	0.2416015 ^a (0.0000)
CDS5Y	0.0739366 ^a (0.0000)	CDS5Y	0.0735976 ^a (0.0000)
Ecuación ARCH – futuros TRM		Ecuación ARCH – futuros TRM	
Constante	11.01608 ^a (0.0000)	Constante	11.08818 ^a (0.0000)
ARCH (1)	0.1085267 ^a (0.0040)	ARCH (1)	0.1069845 ^a (0.0040)
GARCH (1)	0.4051018 ^a (0.012)	GARCH (1)	0.3816257 ^a (0.024)
CDS5Y	0.0003159 ^a (0.0340)	CDS5Y	0.0002897 ^a (0.0440)
Ecuación Media – Tasa Interbancaria		Ecuación Media – Tasa Interbancaria	
Constante	369.6618 ^a (0.0000)	Constante	370.082 ^a (0.0000)
Ecuación ARCH – Tasa Interbancaria		Ecuación ARCH – Tasa Interbancaria	
Constante	25741.38 ^a (0.0000)	Constante	25769.28 ^a (0.0000)

ARCH (1)	0.1823802 ^a (0.0000)	ARCH (1)	0.1829672 ^a (0.0000)
Ecuación Media – Tasa spot TRM Peso/Dólar		Ecuación Media – Tasa spot TRM Peso/Dólar	
Constante	315.6206 ^a (0.0000)	Constante	311.1894 ^a (0.0000)
futuros – TRM (-1)	0.4823074 ^a (0.0000)	futuros – TRM (-1)	0.4848218 ^a (0.0000)
Tasa Interbancaria (-1)	-0.0826253 ^a (0.0250)	Tasa Interbancaria (-1)	-0.0796874 ^a (0.0310)
Ecuación ARCH – Tasa spot TRM Peso/Dólar		Ecuación ARCH – Tasa spot TRM Peso/Dólar	
Constante	66772.08 ^a (0.0000)	Constante	66594.55 ^a (0.0000)
ARCH (1)	0.0925607 ^a (0.0018)	ARCH (1)	0.0931023 ^a (0.0017)
Correlaciones		Correlaciones	
futuros TRM – tasa interbancaria	0.0431051 ^a (0.0800)	futuros TRM – tasa interbancaria	0.0411866 ^a (0.1060)
futuros TRM – tasa spot TRM Peso/Dólar	-0.0465508 ^a (0.060)	futuros TRM – tasa spot TRM Peso/Dólar	-0.0468009 ^a (0.070)
spot – tasa interbancaria	-0.0667735 ^a (0.007)	spot – tasa interbancaria	-0.06399343 ^a (0.012)
		Ecuación de Ajuste	
		Alpha	0.0372481 ^a (0.0170)
		Beta	0.0591557 (0.815)

Tabla 14. Estimaciones de modelos VAR-CCC-GARCH y VAR-DCC-GARCH. Debido a que el coeficiente de Beta no es significativo, mediante tests adicionales presentados en el Apéndice E no se descarta que el modelo VAR-CCC-GARCH se ajusta mejor a los datos. a. Coeficientes significativos a un nivel de significancia del 10%. Los tests de estacionariedad de las series utilizadas se presentan en el Apéndice B y los tests de robustez de los modelos utilizados se presentan en el Apéndice E.

A partir de los resultados presentados en la Tabla 14, no se descarta a un nivel de significancia del 10% que:

- (1) Los efectos de la política monetaria colombiana expresada en fluctuaciones de la tasa interbancaria tiene efectos significativos sobre la tasa spot (y de manera inversa, como se esperaba teóricamente), aunque el coeficiente tiene un valor reducido. Para el mercado de futuros TRM no parece tener efecto. El signo negativo obtenido confirma el esbozo teórico mediante el cual la política monetaria sí tiene efectos sobre la liquidez del sector financiero colombiano representado por la tasa interbancaria y por lo tanto sobre la tasa de cambio, pero los efectos sobre ésta última variable son débiles.

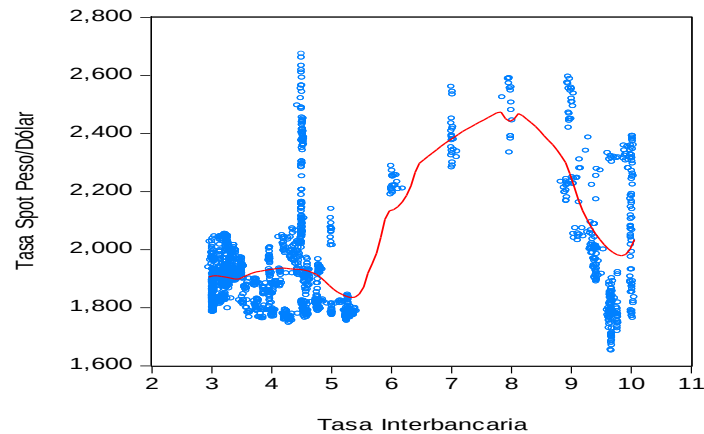


Figura 12. Relación Tasa spot (Pesos por dólar) y Tasa Interbancaria. La línea roja corresponde a la regresión de ajuste de Kernel para el par de datos. Elaboración propia.

Esta transmisión débil es más evidente cuando se observa el diagrama de puntos de la Figura 12, donde se observa una relación inversa entre ambas variables cuando la tasa interbancaria se encuentra entre 3 y 5,4% y la tasa spot está entre 1800 y 2000 pesos por dólar, como también cuando la tasa interbancaria está entre 9% y 10%, rango para el que la tasa spot oscila entre 2400 y 2600 pesos por dólar. Para el primer conjunto de datos (parte izquierda de la Figura 11) para los que el número de observaciones es alto esta relación es débil, mientras que para el segundo conjunto (centrado en la parte derecha de la Figura 11) que no contiene muchas observaciones la relación es inversamente fuerte.

- (2) Los incrementos del riesgo país (medido por los CDS5Y) sí tienen efectos significativos sobre la ecuación de media y varianza de los futuros TRM, de manera que se confirma que este mercado es frágil ante choques externos. El hecho de que no se hayan obtenido valores significativos de esta medida de riesgo país en la ecuación de media y varianza de la tasa spot directamente sino mediante esta clase de derivados se puede explicar por el hecho de que estos últimos parecen tener un rol desestabilizador antes que estabilizador del mercado spot durante escenarios de turbulencia.
- (3) Existen efectos significativos directos de la tasa pactada sobre el mercado de futuros TRM sobre la tasa spot (pero no al revés). Una explicación plausible de este resultado es que la adquisición de derivados ante incrementos del riesgo cambiario por motivo cubrimiento o especulación hace a los agentes más dispuestos a participar en el mercado spot.

6. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados a partir de series diarias sugieren que:

- (i) Las intervenciones cambiarias del Banco de la República están concentradas alrededor de ciertas fechas, y son más frecuentes cuando la tasa de inflación

realizada se encuentra por debajo de la tasa, comportamiento que en la literatura empírica neoclásica se conoce como *“lean against the wind”*, donde los bancos centrales intentan depreciar la moneda siempre que se cumpla el objetivo de reducir la inflación.

- (ii) Existen comportamientos asociados a *“fear of floating”*, donde los bancos centrales tienden a intervenir más cuando existe apreciación que cuando hay depreciación de las monedas debido a la sensibilidad de las economías emergentes a las primeras.
- (iii) No existen efectos significativos de las intervenciones cambiarias sobre los niveles de las tasas spot y futuros TRM. Incluso analizando por separado los diversos modos de intervención como medida de robustez, se encuentra que las compras directas de dólares tienen efectos inestables sobre la tasa spot, mientras que los otros mecanismos de intervención han sido inefectivos. Los niveles de tasa de futuros TRM tampoco son afectados por estas intervenciones. Respecto de las volatilidades de ambas tasas, las intervenciones cambiarias en su conjunto no tienen efectos duraderos.
- (iv) Los controles de capital durante la Gran Recesión 2008-2009 no cumplieron el cometido de depreciar o estabilizar los niveles de la tasa de cambio frente al dólar o spot, sino que más bien aumentaron la volatilidad de esta variable. Esto no implica que tales controles hayan sido inefectivos en mitigar el contagio financiero y los impactos nocivos de esta crisis internacional sobre el sector real, pero sí que no parecen tener efectos deseables sobre la tasa de cambio.
- (v) Los mercados cambiarios analizados (spot, futuros y forward (este último es analizado en el Apéndice A para el sector no-financiero)) son frágiles a choques internacionales mediante aumentos del riesgo país medido por los CDS a 5 años. Los agentes que siguen estrategias *carry-trading* son propensos a sufrir caídas fuertes de sus retornos.
- (vi) Existe evidencia de persistencia o *momentum* cuando hay aumentos, pero no disminuciones de las tasas spot y futuros. Esta característica de estas series hace que los mercados asociados sean propensos a sufrir ataques especulativos. No se encuentra evidencia de que las intervenciones del Banco de la República intensifiquen esta tendencia.
- (vii) Los efectos de la tasa interbancaria sobre la tasa spot para analizar los efectos de la política monetaria muestran que ambas parecen seguir una relación inversa, como se espera teóricamente, pero débil. Los efectos de otros mecanismos de transmisión sobre la tasa spot quedan por analizar.

En suma, las conclusiones (i)-(viii) sugieren que las medidas de política implementadas por el Banco de la República tienen efectos limitados sobre los mercados cambiarios colombianos debido a la fuerte influencia de variables internacionales y financieras, como también a las estrategias de especulación de los agentes que participan en estos mercados, un resultado plausible para economías emergentes como la colombiana. No se descarta entonces que se cumpla el trilema de la política monetaria, donde el riesgo cambiario no puede ser mitigado por

intervenciones cambiarias en un régimen de tasa de cambio flotante y libre movilidad internacional de capitales sino a través de tasas de interés de intervención monetaria, como lo ha planteado Mundell (1963), aunque los efectos sean muy pequeños.

La cuantificación del impacto de las diversas formas de política monetaria no convencional de países desarrollados sobre los mercados cambiarios como lo hacen Albu et. al. (2014) para medir el impacto sobre el riesgo crediticio de los países de Europa del Este, así como la utilización de otras metodologías como redes complejas en el estudio de los mercados cambiarios (Mantegna y Stanley (1999)), o los sesgos cognitivos de los bancos centrales como el sugerido por Haldane (2014) podrían arrojar otros resultados de interés.

NOTAS

1. La Posición Bruta de Apalancamiento (PBA) resulta de la suma de todos los contratos derivados y contingencias sobre moneda que tengan los IMC ya sean por derecho u obligación. Por regulación, el promedio aritmético de tres días hábiles de PBA del IMC no puede superar el 550% del patrimonio técnico de las entidades supervisadas. Como lo describen Arbeláez y Steiner (2010), otras medidas de regulación tienen que ver con la Posición Propia (PP), definida como la diferencia entre activos y pasivos denominados en moneda extranjera registrados tanto dentro como fuera del balance. El promedio aritmético de 3 días hábiles de la PP no puede superar el 20% del patrimonio técnico del intermediario. Por último también es importante mencionar la Posición Propia de Contado (PPC), que es igual a la diferencia entre activos y pasivos líquidos en moneda extranjera. Su promedio aritmético de 3 días hábiles no puede superar el 50% del patrimonio técnico del intermediario.
2. Los *missing values* no superan el 15% del número de observaciones totales de las series. Se escogió el método de interpolación lineal debido a que varios estudios de simulación han encontrado que es el más eficiente respecto del ajuste de los datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albu, L., Călin, C., Lupu, R., & Popovici, O. (2014). Estimating the Impact of Quantitative Easing on Credit Risk through an ARMA-GARCH Model, *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 17 (3), 39-50.
- Arbeláez, M. & Steiner, R. (2010). Efectos de los Fondos de Pensiones Obligatorias y de Disposiciones del Banco Central sobre el Mercado de Derivados y la Volatilidad Cambiaria en Colombia. *IDB Policy Brief*, No. IDB-PB-113.
- Baillie, R. & Chang, S. (2011). Carry Trades, Momentum Trading and the Forward Premium Anomaly, *Journal of Financial Markets*, 14 (3), 441-464.
- Bancolombia, Grupo de Investigaciones Económicas (2015). Los Desafíos Globales y la Vulnerabilidad Externa de América Latina. *Artículo de Coyuntura*, Abril de 2015.
- Bejarano, L., Gómez, J., Melo, L. & Torres, J. (2015). Financial Contagion in Latin America. *Borradores de Economía* No. 884, Banco de la República. Bogotá.
- Brunnermeier, M., Nagel, S. & Pedersen, L. (2008). Carry Trade and Currency Crashes. *NBER Macroeconomics Annual 2008*, 23, 313-347.

- Bauwens, L., Laurent, S. & Rombouts, J. (2006). Multivariate GARCH Models: A Survey, *Journal of Applied Econometrics*, 21 (1), 79-109.
- Cardozo, N., Rassa, J. & Rojas, J. (2014). Caracterización del Mercado de Derivados Cambiarios en Colombia. *Borradores de Economía* No. 860. Banco de la República, Bogotá.
- Couder, V. & Mignon, V. (2013). The 'Forward Premium Puzzle' and the Sovereign Default Risk, *Journal of International Money and Finance*, 32, 491-551.
- Durán, J. (2015). Do Foreign Exchange Interventions Work as Coordinating Signals?, *Ensayos sobre Política Económica*, 33 (78), 169-175.
- Echavarría, J., López, E. & Misas, M. (2008). Desalineamiento de la tasa de cambio, destorcidas de cuenta corriente y ataques especulativos en Colombia. *Borradores de Economía* No. 500. Banco de la República, Bogotá.
- Echavarría, J., Vásquez, D. & Villamizar, M. (2009). Impacto de las Intervenciones Cambiarias sobre el Nivel y la Volatilidad de la Tasa de Cambio en Colombia. *Borradores de Economía* No. 561. Banco de la República, Bogotá.
- Echavarría, J., Melo, L. & Villamizar, M. (2013). The Impact of Different Types of Foreign Exchange Intervention: An Event Study Approach. *Borradores de Economía* No. 784. Banco de la República, Bogotá.
- Edwards, S. (2015). Monetary Policy Independence under Flexible Exchange Rates: An Illusion? NBER Working Papers Series No. 20893.
- Gómez, J. & García, A. (2012). A Simple Test of Momentum in Foreign Exchange Markets, *Emerging Markets Finance and Trade*, 48 (5), 66-77.
- Haldane, A. (2014). Central Bank Psychology. Speech, Bank of England.
- Heij, C., De Boer, P., Franses, P., Kloek, T. & Van Dijk, H. (2004). *Econometric Methods with Applications in Business and Economics*. Oxford University Press.
- Hull, J. (1997). *Options, Futures and Other Derivatives*. Prentice Hall Editorial. Fifth Edition.
- Kamil, H. (2008). Is Central Bank Intervention Effective Under Inflation Target Regimes? The Case of Colombia. *IMF Working Papers* No. WP/08/88.
- León, C. & Pérez, J. (2013). El Mercado OTC de Valores en Colombia: Caracterización y Comparación con Base en el Análisis de Redes Complejas. *Borradores de Economía* No. 765. Banco de la República, Bogotá.
- León, C., Berndsen, R. & Rennebog, L. (2014). Financial Stability and Interacting Networks of Financial Institutions and Market Infrastructures, Discussion Paper 2014-033, Tilburg University, Center for Economic Research.
- Loaiza, R., Gómez, J. & Melo, L. (2015). Latin American Exchange Rate Dependencies: A Regular Vine Copula Approach, *Contemporary Economic Policy*, 33 (3), 535-549.
- Mantegna, R. & Stanley, E. (1999). *An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance*. Cambridge University Press. First Edition.
- Melo, L. & Becerra, O. (2008). Transmisión de Tasas de Interés bajo el Esquema de Metas de Inflación: Evidencia para Colombia. *Borradores de Economía* No. 519. Banco de la República, Bogotá.

- Mundell, R. (1963). Capital Mobility and Stabilization Policy under Fixed and Flexible Exchange Rates, *Canadian Journal of Economic and Political Science*, 29 (4), 475-485.
- Nelson, D. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Assets Returns: A New Approach, *Econometrica*, 59 (2), 347-370.
- Pérez, J., León, C. & Mariño, R. (2015). Aproximación a la Estructura del Mercado Cambiario Colombiano desde el Análisis de Redes. *Borradores de Economía* No. 867. Banco de la República, Bogotá.
- Reyes, M. (2011). ¿La Intervención del Banco Central afecta el Momentum de la Tasa de Cambio?: Evidencia Empírica para Colombia. Universidad Nacional de Colombia. MsC in Economics Thesis.
- Rincón, H. & Toro, J. (2010). Are Capital Controls and Central Bank Intervention Effective?. *Borradores de Economía* No. 625. Banco de la República, Bogotá.
- Rojas, L., (2015). Factores Potenciales para el Desarrollo y Fortalecimiento del Mercado de Derivados en Colombia: El Caso de los Futuros TRM. Universidad Nacional de Colombia. MsC in Accounting and Finance Thesis.
- Sarno, L. & Taylor, M. (2001). Official Intervention in the Foreign Exchange Market: is it effective and, if so, how does it work?, *Journal of Economic Literature*, 39 (3), 839-868.
- Sensoy, A. & Sobacı, C. (2014). Effects of Volatility Shocks on the Dynamic Linkages between Exchange Rate, Interest Rate and Stock Market Index: The Case of Turkey, *Economic Modelling*, 43, 448-457.
- Uribe, J., Jiménez, D. & Fernández, J. (2015). Regímenes de Volatilidad del Tipo de Cambio en Colombia e Intervenciones de Política, *Investigación Económica*, 24 (293), 131-170.
- Vargas, A. & Rivera, C. (2009). Controles a la Entrada de Capitales y Volatilidad de la Tasa de Cambio: La Experiencia Colombiana, *Perfil de Coyuntura Económica*, 39 (1), 151-169.
- Wright, J. (2012). What does Monetary Policy do to Long-Term Interest Rates at the Zero Lower Bound?, *The Economic Journal*, 122 (564), F447-F466.
- Wu, Z., Braunstein, L., Havlin, S. & Stanley, H. (2006). Transport in Weighted Networks: Partition into Superhighways and Roads, *Physical Review Letters*, 96 (14), 148702 (1-4).

APÉNDICES

APÉNDICE A: La Fragilidad del Mercado de Forwards Peso/Dólar ante Shocks de Liquidez en el Sector No-Financiero

Los *forward* peso-dólar se negocian en su mayoría en el corto plazo, concentrándose principalmente en plazos menores a 30 días para el caso de agentes offshore y fondos de pensiones, mientras que el sector real generalmente pacta a mayores plazos debido a que buscan proteger sus ingresos en divisas y los créditos que tienen en el exterior. La mayor parte de las operaciones no se realiza intercambiando flujos totales de divisas, sino que se netean pérdidas o ganancias de cada agente respecto de la tasa de referencia en el día de vencimiento (Cardozo et. al., 2014). Una breve descripción de los principales agentes se presenta en la Tabla 15.

Tipo de Agentes	Posición Neta	Características
Agentes Offshore	Compradores Netos	Tienden a guiarse por comportamientos de oveja. Adquieren derivados durante períodos de incertidumbre y depreciación significativa del peso. Alta sensibilidad ante aumentos del riesgo soberano, calificaciones de deuda y niveles de liquidez internacional, por lo que no se descarta el uso especulativo de éstos instrumentos. Son los que realizan la mayor parte de las negociaciones de este tipo de contratos, siendo más importantes desde el año 2009.
Firmas del sector real	Compradores Netos, Saldo Neto pequeño	Las firmas importadoras adquieren forwards durante períodos de apreciación y bajas tasas de interés para obtener mayor liquidez en dólares y pedir préstamos en el exterior. El número de firmas exportadoras que utilizan estos instrumentos es muy reducido debido a falta de información.
Fondos de Pensiones	Compradores Netos, Saldo Neto reducido.	Cubren inversiones en el exterior mediante la venta de divisas a plazos. La mayor parte de los montos negociados se hace con IMC.

Tabla 15. Principales características de los agentes en el mercado de forward peso-dólar. Elaboración propia, basado en Cardozo et. al. (2014).

¿Es débil este mercado ante choques internacionales? Los datos obtenidos del Banco de la República parecen indicar que sí. A partir de la revisión de cada uno de los reportes diarios de Devaluación Implícita (DI) a distintos plazos (se revisaron 2038 informes en total, con los plazos ordenados en categorías de 3 a 14, 15 a 35, 36 a 60, 61 a 90 y 91 a 180 días), se calculó la tasa pactada diaria en estos contratos mediante la fórmula

$$F_t = (1 + DI_t)^{\left(\frac{\text{Plazo Promedio para cada Intervalo}}{360}\right)} * TRM_t, \text{ donde el plazo promedio es la media de los límites para cada categoría.}$$

Para el sector no-financiero, sin embargo, se reportan tanto las devaluaciones implícitas para tasas de compra como para las de venta, de manera que es posible calcular la *diferencia en tasas pactadas de compra y venta de contratos Forward peso/dólar para un plazo determinado*, obteniéndose indicadores de las condiciones de liquidez de este mercado para cada plazo. Mayores diferencias implican mayores riesgos de liquidez. La evolución de estos indicadores se presenta en la Figura 13.

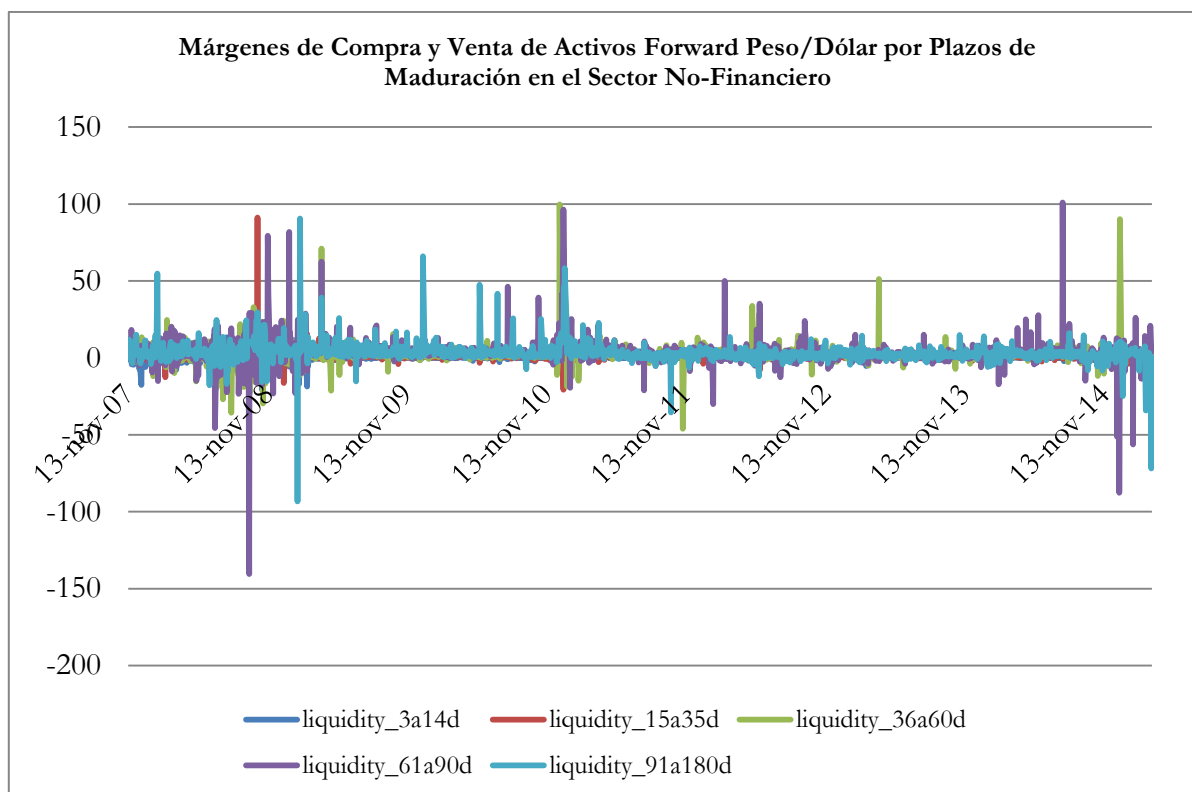


Figura 13. Indicadores de liquidez (*liquidity*) para cada plazo de contratos *forward* colombianos peso/dólar. Elaboración propia a partir de datos del Banco de la República.

De la Figura 12 se tiene entonces que hay mayor volatilidad *clusterizada* y por tanto mayor *riesgo de liquidez* durante la Gran Recesión 2008-2009, fines del 2010 (cuando los agentes *offshore* buscaron cubrir sus posiciones) y tras la Caída del Precio de Petróleo WTI a finales del 2014 e inicios de 2015. En consecuencia, *no se descarta que el mercado forward también es vulnerable ante choques de carácter internacional que alteren la liquidez de los agentes participantes*. Este resultado es acorde con el encontrado por Pérez et. al. (2015), quienes describen una estructura de transacciones *centro-periferia* para este mercado: los bancos del exterior son vendedores netos de contratos distribuidos en su mayor parte hacia los bancos comerciales. Estos bancos comerciales, sin embargo, actúan como intermediarios porque venden estos títulos a sociedades comisionistas de bolsa, siendo por ello los más centrales de la red debido a su capacidad de intermediación.

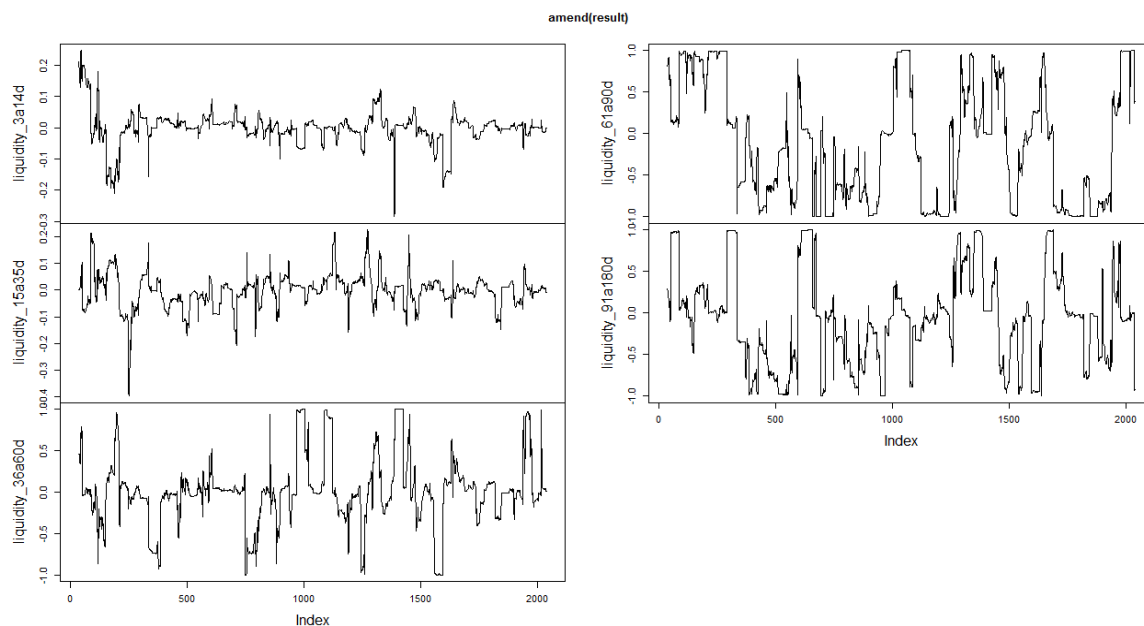


Figura 14. Descomposición del Índice de Iliquidez del Mercado Forward en el Sector No-Financiero desde 2007 hasta 2015 (variación a lo largo del tiempo). Se muestra la evolución de la participación de cada una de las series “liquidity” para cada plazo.

Utilizando técnicas de Análisis de Componentes Principales (PCA) con las series obtenidas siguiendo la metodología de Bancolombia (2015) (no se presenta aquí esta técnica debido a restricciones de espacio), se obtuvo un índice de “iliquidez”, ponderando los índices de liquidez para cada plazo por los valores de carga del primer componente principal, donde mayores valores indican mayor riesgo de liquidez. Descomponiendo este índice en las series que lo conforman, se observa en la Figura 13 que la participación del margen de liquidez asociado a forwards de corto plazo (3 a 14 días y 15 a 35 días) a lo largo de la muestra es reducida en comparación con la participación de los márgenes de forwards de más largo plazo (36 a 60 días, 61 a 90 días, 91 a 180 días) en la variación total del margen de liquidez que resulta de la suma ponderada de los tres primeros componentes principales asociados. En consecuencia, es posible afirmar que *la variación del margen de los contratos de plazo mayor a 36 días hacen que el riesgo de liquidez sea significativamente mayor, explicándose entonces porqué la mayoría de contratos forward pactados son de corto plazo: los agentes de estos mercados tienen menor exposición a este tipo riesgo con negociando contratos a este plazo.*

Con el fin de analizar si existen efectos de difusión o *spillovers* de iliquidez entre cada una de las medidas obtenidas por plazos, se estimó un modelo VAR(1)-DCC-GARCH(1,1) que cumple las condiciones de estabilidad y robustez pero que no se presenta aquí debido a restricciones de espacio. A un nivel de significancia del 5% se encuentra que la mayor parte de los coeficientes son significativos y positivos, indicando por tanto que sí existe difusión de liquidez o iliquidez entre tasas por plazo. Sin embargo, los efectos sobre las medidas liquidez de corto plazo son de magnitud un poco más reducida. Esto implica entonces *que sí existe contagio de iliquidez entre*

distintos plazos de los contratos, pero los que son fijados en el corto plazo no son afectados tan rápidamente como los de medio o largo ante choques fuertes.

APÉNDICE B: Tests de Estacionariedad Débil – Series Utilizadas (Tests de Dickey-Fuller Aumentado)

Variable	Estadístico-t (p-valor)	Variable	Estadístico-t (p-valor)	Variable	Estadístico-t (p-valor)	Variable	Estadístico-t (p-valor)
CDS1Y (Retornos) (Apreciación)	-31.54284 (0.0000) ^a	Tasa Interbancaria (Retornos)	-45.63843 (0.0001) ^a	CDS5Y (Retornos)	-21.59718 (0.0000) ^a	spot - Acumulado	-5.040954 (0.0000) ^a
CDS1Y (Retornos) (Depreciación)	-27.17272 (0.0000) ^a	futuros TRM (Retornos)	-33.96682 (0.0000) ^a	Intervenciones Cambiarias Del Banco de la República (Millones de Dólares)	-4.970550 (0.0000) ^a	Diferencial de Intereses (Tasa Interbancaria – Fed Funds Rate)	-3.358806 (0.0126) ^a
Intervenciones (Apreciación)	-5.782882 (0.0000) ^a	spot TRM (Retornos)	-39.78679 (0.0000) ^a	IGBC (Retornos)	-39.71860 (0.0000) ^a	Compra Directa de Dólares	-3.244660 (0.0177) ^a
Intervenciones (Depreciación)	-5.207241 (0.0000) ^a	Forward TRM (3 a 14 días) (Retornos)	-11.291229 (0.0000) ^a	Diferencias – Desviaciones Mensuales de la Inflación Objetivo	-45.10709 (0.0001) ^a	Opciones Put Control de Volatilidad	-42.52021 (0.0000) ^a
Opciones Call Control de Volatilidad	-11.14901 (0.0000) ^a						
Opciones Put para Acumulaciones Internacionales	-6.372680 (0.0000) ^a						

- a. Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria de todas y cada una de las series a un nivel de significancia del 5%, de manera que no se descarta su estacionariedad.

APÉNDICE C: Tests de Ajuste – Modelos de Respuesta Binaria Logit/Gompit

Tests de Especificación de Hosmer-Lemeshov y Andrews*

Especificación del Modelo	Logit (Estadístico-t y p-valor)		Gompit (Estadístico-t y p-valor)	
	Hosmer-Lemeshov (10 Cuantiles)	Andrews	Hosmer-Lemeshov (10 Cuantiles)	Andrews
Modelo I (spot – Ap)	25.2084 (0.0014) ^a	31.2849 (0.0005) ^a	25.4412 (0.0013) ^a	28.0376 (0.0018) ^a
Modelo II** (spot – Dep)	17.0729 (0.0294) ^a	16.9797 (0.0748) ^a	19.8415 (0.0110) ^a	20.1301 (0.0280) ^a
Modelo V (futuros, Ap)	15.3271 (0.0531) ^a	16.3578 (0.0898) ^a	17.4901 (0.0254) ^a	18.4798 (0.0474) ^a
Modelo VI (futuros – Dep)	12.0460 (0.1492)	12.5889 (0.2476)	16.3755 (0.0373) ^a	22.5225 (0.0127) ^a

*a. La hipótesis nula de ambos tests es que los modelos de respuesta binarios no tienen buena especificación. Se tiene entonces que no se rechaza la especificación correcta a un nivel de significancia del 10%, marcándose los tests que arrojan correcta especificación con color café. Se estimaron también modelos Probit, arrojando resultados favorables.

Selección del Modelo*

Especificación del Modelo	Logit		Gompit	
	Akaike	Schwarz	Akaike	Schwarz
Modelo I (spot – Ap)	1.014675	1.036421	1.020904	1.029121
Modelo II** (spot – Dep)	1.111700	1.1134093	1.108411	1.130804
Modelo V (Future, Ap)	1.269137	1.295586	1.272719	1.299169
Modelo VI** (Future – Dep)	1.304047	1.331050	1.343504	1.316501

* Se selecciona el modelo econométrico con el menor valor asociado a los criterios de Akaike o Schwarz para cada una de los modelos de respuesta binaria a estimar (Logit, Gompit). Para el caso de los Modelos II y IV, donde los resultados no son concluyentes, se seleccionó el criterio de Schwarz como el decisivo. En color café se muestran los menores valores comparando los modelos. Se estimaron también modelos Probit, pero no tenían tan buen ajuste como los especificados aquí mediante estos mismos criterios.

Porcentaje de Predicción Correcta (Valor de Corte: 0.5) y Porcentaje de Observaciones con Valores Iguales a 1*

Modelo I (spot – Ap)	Modelo II** (spot – Dep)	Modelo V (Future, Ap)	Modelo VI (Future – Dep)
74.4% Predicciones Correctas	62.93% Predicciones Correctas	65.11% Predicciones Correctas	61.32% Predicciones Correctas
28.44% iguales a 1	68.12% iguales a 1	40.73% iguales a 1	54.27% iguales a 1

Problemas de Multicolinealidad Fuerte: No existen. La correlación lineal entre el volumen de intervenciones cambiarias con los retornos de la serie CDS1Y es demasiado baja: -0.001212 cuando hay apreciación y -0.00243 cuando hay depreciación de la tasa de cambio spot.

APÉNDICE D: Modelos EGARCH-X y Tests LM-ARCH – 5 rezagos y Tests de Autocorrelación Serial – 30 Rezagos*

Modelo	Test LM-ARCH AR-X (Estadístico-t y p-valor)	Test Breusch-Godfrey AR-X (Estadístico-t y p-valor)	Autocorrelación Serial (Media y Varianza)* AR-X Q – Ljung y Box	Test LM-ARCH AR-EGARCH-X (Estadístico-t y p-valor)	Autocorrelación Serial (Media)** AR-EGARCH-X Q – Ljung y Box	Autocorrelación Serial (Varianza)** AR-EGARCH-X Q – Ljung y Box
Función de Reacción – Banco de la República	21.789436 (0.0000)	10.22670 (0.0000)	SI	0.01600 (0.9999)	NO	NO
spot	68.789436 (0.0000)	23.22670 (0.0000)	SI	0.670261 (0.6460)	NO	NO
futuros	22.964127 (0.0000)	21.447434 (0.0000)	SI	0.334473 (0.8890)	NO	NO

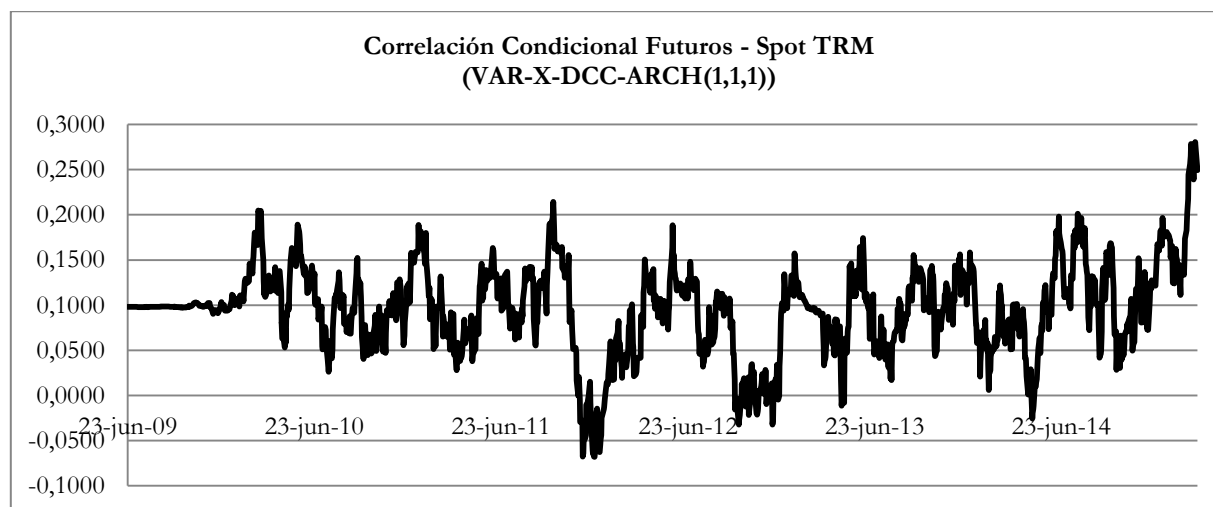
* Antes de probar especificaciones AR-EGARCH-X, se analizó la estacionariedad de las series y estimaron modelos AR-X y se efectuaron tests LM-ARCH que tienen como hipótesis nula de que no existen efectos ARCH, además de tests de correlación serial Breusch-Godfrey (Hipótesis nula de no correlación serial), y análisis por inspección gráfica de posibles autocorrelaciones en la ecuación de media. De esta manera, se encontró que todos los modelos deberían seguir especificaciones tipo AR-E-GARCH-X, algo que se consiguió de forma exitosa, como se puede observar al no rechazarse las hipótesis nulas de no existencia de efectos ARCH a un nivel de significancia del 10% para todos los modelos estimados. ** Al analizar por inspección gráfica las funciones de auto-correlación serial de las ecuaciones de media y varianza para cada modelo analizado para los primeros 35 rezagos se encuentra que a un nivel de significancia del 9% la modelación fue exitosa.

APÉNDICE E: Tests y Pruebas a los Modelos VAR-CCC-GARCH y VAR-DCC-GARCH*

Coeficiente AIC ^b	Coeficiente BIC ^b	Coeficiente AIC ^b	Coeficiente BIC ^b
69131.55 ^b	69223.43 ^b	69128.9 ^b	69231.59 ^b
Test de Wald: 997.20 ^a (0.0000) ^a		Test de Wald: 1620.38 ^a (0.0000) ^a	
Test de Especificación (Ho: Modelo VAR-CCC-GARCH(1,1,1) vs. Ha. Modelo VAR-DCC-GARCH(1,1,1)) 5.96 ^c (0.0508) ^c			

*a. A un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula de que los coeficientes estimados son iguales a 0.

b. Aunque los valores asociados a los criterios de Akaike y Schwarz arrojan resultados contradictorios para escogencia del modelo, se escogió el criterio de Schwarz como el decisivo para escoger el modelo, de manera que el modelo VAR-CCC-ARCH(1,1,1) tiene mejor ajuste. c. A un nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis nula de que el modelo VAR-CCC-GARCH (1,1,1) tiene mejor ajuste a los datos que el modelo VAR-DCC-GARCH. No se realizó el test de especificación de Edgerton-Shukur utilizado por Bejarano et. al. (2015) debido a que exige muestras pequeñas. Todos los coeficientes estimados son significativos para el modelo VAR-CCC-ARCH(1,1,1), de manera que se tiene un indicio de correcta especificación, siguiendo a Bejarano et. al. (2015). Todas las variables utilizadas son estacionarias por el test de Dickey-Fuller Aumentado, como se muestra en el Apéndice B. La suma de los coeficientes de las ecuaciones GARCH excepto la constante es menor que uno. Variables cointegradas por los test de Johansen y Engle-Granger.



Un modelo VAR adicional estimado con las mismas variables con frecuencia semanal arrojó los mismos resultados, lo que refuerza los resultados encontrados, mientras que otro modelo VAR(1)-DCC-GARCH(1,1) sin incluir la tasa interbancaria corrobora la correlación positiva entre la tasa spot y futuros a lo largo del tiempo, como se confirma en la anterior gráfica.