

Carry Trade y Depreciaciones Bruscas del Tipo de Cambio en Colombia*

Fredy Gamboa-Estrada**

Resumen

El carry trade de monedas es una estrategia de inversión ampliamente utilizada por especuladores en la cual el inversionista se endeuda en una divisa con baja tasa de interés (moneda de fondeo) e invierte ese dinero en una divisa con alta tasa de interés (moneda destino). El objetivo de este trabajo es evaluar si el *carry-to-risk-ratio* como medida de incentivos de carry trade es un indicador apropiado para identificar este tipo de estrategias de inversión en el mercado cambiario colombiano. Igualmente, se estudia si los diferenciales de tasas de interés entre Colombia y Estados Unidos observados en los últimos años pudieron generar movimientos bruscos en el tipo de cambio o lo que se denomina en la literatura *currency crash risk*. Usando el indicador *carry-to-risk-ratio*, se encuentra evidencia para Colombia que agentes no residentes podrían haber efectuado operaciones carry trade en 2007, 2008 y 2012. Mediante regresiones de variables instrumentales y modelos vectoriales autorregresivos (VAR) se encuentra evidencia de que altos diferenciales de tasas de interés están estrechamente relacionados con episodios de turbulencia cambiaria en Colombia.

Códigos JEL: E43, F31, G15

Palabras clave: Carry trade, carry-to-risk ratio, turbulencias cambiarias.

*El autor agradece a Lina Patiño, Pamela Cardozo y Jair Ojeda por sus valiosos comentarios. Igualmente agradezco los comentarios recibidos en el cuarto seminario interno de investigadores del Banco de la República realizado en Noviembre de 2015. Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad del autor y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

**Investigador Júnior, Subgerencia Monetaria y de Inversiones Internacionales, Banco de la República, email: fgamboes@banrep.gov.co.

1. Introducción

El grupo de estudio de operaciones carry trade en Latinoamérica establecido por el BIS en el 2014¹ resalta la importancia de analizar este tipo de estrategias de inversión en la región debido a que pueden afectar la estabilidad macroeconómica y financiera de la economía al generar movimientos bruscos en el tipo de cambio. De acuerdo a las respuestas preliminares de todos los miembros involucrados en el estudio del BIS (2015), Colombia está rezagado en materia de seguimiento de operaciones carry trade en la región y de trabajos que documenten la evidencia de movimientos bruscos en el mercado cambiario que podrían estar relacionados con este tipo de estrategias de inversión. El objetivo de este trabajo es evaluar si el uso de indicadores como el *carry-to-risk ratio* permite identificar si hay incentivos de carry trade y si altos diferenciales de tasas de interés pueden generar cambios bruscos en el tipo de cambio.

El carry trade es una estrategia de inversión ampliamente utilizada por especuladores en la cual el inversionista se endeuda en una divisa con baja tasa de interés (moneda de fondeo) e invierte ese dinero en una divisa con alta tasa de interés (moneda destino). El mayor riesgo que enfrentan los inversionistas que realizan este tipo de operaciones es que la moneda destino se deprecie y que suban las tasas de interés de fondeo. Igualmente, las operaciones de carry trade pueden desestabilizar el mercado cambiario debido a que en su mayoría están fondeadas con deuda y cuando los inversionistas se enfrentan a restricciones de financiación derivadas de márgenes de fondeo estrechos, esto les puede generar pérdidas y los induce a tomar menos posiciones de carry trade o a liquidarlas (*unwinding*). Como resultado, el tipo de cambio se deprecia afectando el valor de los activos de los inversionistas, lo cual genera un espiral de pérdidas o “*espiral de liquidez*” (Brunnermeier et al. 2009) que genera movimientos bruscos en el tipo de cambio (*crash risk*).

Aunque en Colombia no hay trabajos sobre este tipo de estrategias de inversión, Echavarría et al. (2008) estudia la validez de la paridad descubierta del tipo de interés y encuentran que no se cumple para algunos períodos de maduración largos, lo que indicaría que hay oportunidades de carry trade para esos períodos. En otros países de la región hay mayor evidencia empírica en esta área de investigación. Por ejemplo, Carreño y Cox (2014) analizan el mercado de derivados en Chile y encuentran que los períodos recientes de turbulencia cambiaria están estrechamente relacionados con la variación en las posiciones netas de no residentes en el mercado non delivery forward a través de operaciones carry trade. Adicionalmente, hay evidencia de que en Chile depreciaciones bruscas del tipo de cambio, medidas por el coeficiente de asimetría de la variación del tipo de cambio nominal (*skewness*), son mayores en momentos de alta incertidumbre global. Díaz et al. (2012) usan el *carry-to-risk ratio* como indicador de incentivos de carry trade y hacen un análisis descriptivo de la evolución de las posiciones netas de no residentes en el mercado forward chileno y encuentran indicios de estrategias de inversión carry trade en julio de 2010 y julio de 2012. El Banco de México en un documento interno del 2014 encuentra evidencia significativa del incumplimiento de la paridad

¹Los miembros del Consultative Group of Directors of Operations enfocado en temas de carry trade fueron: el Banco Central de Brasil, el Banco Central de Chile, el Banco de la República de Colombia, el Banco de México, el Banco Central de Reserva del Perú, el Banco de Canadá, el Banco de la Reserva Federal de Nueva York, y el BIS.

descubierta de tasas de interés en México, pero no encuentra evidencia de la existencia de *crash-risk* cuando existen altos diferenciales de tasas de interés.

En este documento se encuentra evidencia para Colombia que agentes no residentes podrían haber efectuado operaciones carry trade en 2007, 2008 y 2012 usando como medida de incentivos de carry trade el indicador *carry-to-risk-ratio*. Mediante regresiones de variables instrumentales y modelos vectoriales autorregresivos (VAR) se encuentra que los diferenciales de tasas de interés junto a otros factores como la volatilidad del mercado cambiario, los Credit Default Swap (CDS) y el comportamiento de los precios del petróleo son factores determinantes del *currency crash risk* en Colombia.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se analiza brevemente la estrategia de inversión carry trade. En la sección 3 se estudia el indicador *carry-to-risk ratio* como medida de incentivos de carry trade para Colombia y se muestra evidencia descriptiva preliminar de la relación entre las posiciones netas de no residentes en el mercado non delivery forward, el carry trade y episodios de turbulencia cambiaria. En la sección 4 se presenta la evidencia empírica de los determinantes del *crash risk* y en la sección 5 se concluye.

2. Estrategia de Carry Trade

De acuerdo con el estudio del BIS (2015), en Colombia hay dos tipos de estrategias de inversión carry trade. La primera es una operación en la cual el instrumento de carry trade es deuda en moneda extranjera sin cobertura denominada en pesos y la segunda operación usa contratos forwards.

La primera estrategia de carry trade puede ser analizada con la paridad de tasa de interés descubierta. Bajo esta condición, el diferencial entre una tasa de interés alta i_t de una moneda destino y una tasa de interés baja i_t^* de una moneda de fondeo debería ser compensado por la depreciación esperada del tipo de cambio en k periodos a futuro $s_{t+k}^e - s_t$, lo cual implica que no debería haber ganancias derivadas de esta estrategia de inversión:

$$i_t - i_t^* = s_{t+k}^e - s_t \quad (2.1)$$

En esta estrategia de inversión carry trade el agente toma prestado en la moneda de fondeo (dólar), la cual tiene una baja tasa de interés, y adquiere moneda destino (peso) en el mercado de contado colombiano, la cual tiene una tasa de interés más alta, con el objetivo de comprar, por ejemplo, un bono de deuda pública. Una vez estos títulos se vencen, el agente los vende en el mercado local y con los fondos provenientes de esta operación compra divisas (dólares) para pagar la deuda adquirida inicialmente más intereses. Los retornos esperados de carry trade z_{t+k} provienen del diferencial de tasas de interés y del comportamiento del tipo de cambio. En línea con la condición de paridad de tasa de interés descubierta estos retornos son iguales a:

$$z_{t+k} = i_t - i_t^* - (s_{t+k}^e - s_t) \quad (2.2)$$

La segunda estrategia de carry trade, consiste en replicar la operación de deuda en moneda extranjera e inversión local en el mercado de derivados, específicamente con contratos forward. Para explicar esta estrategia de carry trade, es necesario usar la paridad de tasa de interés cubierta. Esta condición implica que el inversionista no debería recibir retornos del diferencial de tasas de interés $i_t - i_t^*$ pues este debería ser compensado por el costo de cobertura o movimientos de la tasa de cambio en el mercado de contado $f_t^k - s_t$, donde f_t^k es la tasa forward pactada hoy con vencimiento en el período k :

$$i_t - i_t^* = f_t^k - s_t \quad (2.3)$$

En este caso, una operación carry trade desde el punto de vista del inversionista implicaría vender dólares a futuro, lo cual es tomar una posición larga forward en la moneda destino (peso) y una posición corta forward en la moneda de fondeo (dólar). El retorno de esta operación es positivo si la tasa de cambio spot, al momento del vencimiento del forward, se aprecia relativo a la tasa forward pactada inicialmente. En términos de la condición de paridad de tasa de interés cubierta, el retorno esperado de esta operación z_{t+k} es igual a²:

$$z_{t+k} = (f_t^k - s_{t+k}^e) \quad (2.4)$$

Doukas y Zhang (2013) evidencian el buen desempeño de estrategias de inversión carry trade con non-deliverable forwards (NDF), lo cual podría ser el reflejo de la compensación por riesgo causada por restricciones de convertibilidad de moneda y controles de capital. Con información a junio de 2014, el porcentaje de operaciones delivery forward en el mercado cambiario colombiano tan solo alcanza el 2% aproximadamente, mientras que el 98% corresponde a operaciones NDF. Este trabajo se enfoca en las operaciones carry trade en Colombia por parte de no residentes. Para esto utiliza la información sobre las operaciones de estos agentes en el mercado forward peso/dólar. Específicamente se analizan los forwards non-delivery y no se tienen en cuenta los forward delivery, ya que la regulación cambiaria restringe el uso de contratos delivery sólo para operaciones de cobertura de exportaciones, importaciones, deuda externa, inversiones y garantías en el mercado cambiario, lo cual impone restricciones de acceso directo al mercado doméstico y minimiza la posibilidad de que estos se usen para carry trade.³ Este trabajo no analiza la estrategia de carry trade en donde

²Suponiendo que la paridad de tasas de interés cubierta se cumple, la paridad de interés descubierta implica que el forward premium $f_t^k - s_t$ debe ser igual a las expectativas de depreciación del tipo de cambio ($s_{t+k}^e - s_t$). Reemplazando (2.3) en (2.2), $z_{t+k} = f_t^k - s_{t+k}^e$

³De acuerdo con la circular reglamentaria externa DODM 144, las operaciones de derivados podrán tener cum-

se adquiere deuda en dólares y se invierte en pesos, porque no es posible identificar la inversión de portafolio extranjera que está fondeada con deuda en dólares. Tampoco estudia el carry trade realizado por residentes, porque por lo general la deuda del sector privado en dólares se destina a capital de trabajo. Por ejemplo, en el primer semestre de 2015, el 70% de la deuda privada en dólares se destinó a capital de trabajo y el 19% a prefinanciación de exportaciones. Igualmente, no se conoce el propósito de las ventas de dólares en el mercado forward. Respecto a los intermediarios del mercado cambiario, se puede afirmar que en agregado estos normalmente no realizan operaciones de carry trade. En el período analizado solo el 1.7% de los días registraron una posición en moneda extranjera negativa.

3. Carry Trade en Colombia

3.1. Carry-To-Risk Ratio como medida de Incentivos de Carry Trade

Aunque en Colombia se hace seguimiento a las posiciones de no residentes en el mercado NDF y en el mercado de bonos local, otros países de la región como Brasil, Chile y México usan indicadores adicionales como el *carry-to-risk ratio* (CTR) para monitorear si hay incentivos de no residentes para realizar operaciones de inversión carry trade. Este indicador está relacionado con el diferencial de tasas de interés y la estabilidad del tipo de cambio, y se calcula como el spread entre la tasa de interés local y la externa ajustado por la volatilidad del tipo de cambio. Usualmente, el diferencial de tasas de interés se calcula como la diferencia entre los depósitos a tres meses de la moneda objetivo o de inversión i y de la moneda de financiamiento o de fondeo i^* .⁴ La volatilidad que generalmente se usa corresponde a la volatilidad implícita *at the money* de las opciones del tipo de cambio, *vol*.⁵ Un aumento en el indicador CTR implica un mayor incentivo a tomar posiciones carry trade que podría

plimiento efectivo (DF) y los agentes involucrados en la operación, ya sea entre residentes e IMC o entre residentes o IMC y agentes autorizados del exterior podrán intercambiar moneda legal colombiana y divisas, o divisas, cuando exista una operación obligatoriamente canalizable a través del mercado cambiario. Adicionalmente, cuando exista una obligación de pago con el exterior derivada de la compra de bienes de usuarios de las zonas francas o de residentes de usuarios que hagan depósitos de mercancía en las zonas francas. Finalmente, cuando exista una obligación o un derecho con el exterior derivado de operaciones de envío y recepción de giros y remesas en moneda extranjera de sociedades de intermediación cambiaria y de servicios financieros especiales.

⁴El Banco Central de Brasil calcula el índice CTR como el diferencial de la tasa de interés a tres meses ajustada por el spread soberano de los CDS a 5 años, dividido por la volatilidad implícita *at the money* a tres meses de las opciones del FX. El Banco de México usa la tasa de interés de los Treasury Bills en USD como la tasa de interés de la moneda de financiamiento.

⁵La volatilidad implícita de las opciones se usa frecuentemente en la literatura para medir la volatilidad del tipo de cambio en el cálculo del índice CTR. Sin embargo, se podrían usar medidas alternativas tales como la volatilidad realizada del mercado spot. Por ejemplo, Barclays Capital (2011) calcula un indicador de carry trade global o indicador de carry trade ajustado por riesgo. Este indicador es igual al carry implícito basado en tasas forward y spot a un mes, dividido por la volatilidad realizada en el FX de los últimos 20 días. Aunque el grado de liquidez de las opciones en el mercado cambiario colombiano es bajo, la ventaja de usar su volatilidad implícita radica en que muestra qué tan volátil podría ser el mercado cambiario en el futuro. Actualmente los intermediarios del mercado cambiario reportan al BR información del mercado de opciones, tales como la fecha de negociación, la fecha de vencimiento, la fecha de ejercicio, el tipo de opción, la prima inicial, la tasa pactada, y la condición de ejercicio. Aunque se podría estimar la volatilidad implícita de las opciones peso/dólar a partir de la prima reportada, no es fácil de calcular teniendo en cuenta que el mercado es poco profundo en los diferentes plazos. Por esta razón se usa la volatilidad implícita *at the money* de las opciones cambiarias calculada por Bloomberg.

ser causado por altos diferenciales de tasas de interés o bajos niveles de volatilidad cambiaria. El indicador se calcula de la siguiente manera:

$$CTR = \frac{i - i^*}{vol} \quad (3.1)$$

En las Figuras 1 y 2 se observa la evolución diaria del indicador CTR en Colombia y de la volatilidad implícita *at the money* de las opciones del tipo de cambio versus el diferencial de tasas de interés. Además, se resaltan los períodos en los cuales pudo existir evidencia de incentivos de carry trade, es decir, cuando el aumento del indicador CTR estuvo acompañado por una disminución de la posición neta acumulada de no residentes en el mercado forward, y cuando el indicador CTR se ubica por encima o cerca de 0,4 que es su nivel promedio en toda la muestra. El período analizado va desde febrero de 2003 hasta marzo de 2015. Para calcular el índice CTR se usa la tasa básica diaria de la superintendencia (TBS)⁶ a tres meses como la tasa de interés de la moneda objetivo (peso) y la tasa diaria de los bonos del tesoro de los Estados Unidos a tres meses como la tasa de interés de la moneda de financiamiento (dólar). Igualmente, se usa la volatilidad implícita *at the money* de las opciones a tres meses dado que son las opciones más liquidas en el mercado cambiario colombiano. La rentabilidad de operaciones carry trade en Colombia teniendo en cuenta el ajuste por volatilidad del tipo de cambio fue alta entre septiembre y noviembre de 2004 (Figura 1). Como se observa, el CTR en Colombia ha presentado sus máximos niveles en septiembre de 2004, diciembre de 2012 y abril de 2008.

Respecto a esta última fecha, en enero de 2008 la rentabilidad esperada de operaciones carry trade financiadas con dólares empezó a aumentar dado que la Fed redujo su tasa de interés de política (Curcuru et al. 2010). Aunque a principios de marzo de 2008 hubo rumores de quiebra de Bear Stearns, este evento no tuvo importantes repercusiones en los retornos de estrategias de inversión carry trade en Colombia dado que no hubo cambios importantes en la volatilidad implícita de las opciones del tipo de cambio. El índice CTR tuvo una notable caída entre septiembre y noviembre de 2008, debido al incremento de las volatilidades implícitas de hasta 31 % como resultado del colapso de Lehman Brothers. Después de la crisis financiera de 2008 y 2009, la rentabilidad de las operaciones de inversión carry trade aumentó a finales de 2012, alcanzando los niveles observados en 2004. En junio de 2013, el CRT tuvo una caída sustancial debido a los anuncios de Bernanke de disminución en el ritmo de las políticas de estímulo por parte de la Fed. Este período estuvo caracterizado por un aumento en la volatilidad del mercado cambiario. A partir de noviembre de

⁶La TBS a tres meses, según la Superfinanciera, corresponde al promedio ponderado de las tasas de interés efectivas que reconocen los establecimientos de crédito por las captaciones de CDT y CDAT. Aunque la TBS se concentra en los costos de captación del mercado primario, es mucho más estable que otras tasas de interés como la tasa cero cupón de los TES a tres meses. Se consideraron otras tasas de interés como la tasa de simultáneas y el IBR a tres meses, sin embargo esta información tan solo se encuentra disponible desde junio de 2006 y agosto de 2012, respectivamente. Para evaluar la robustez del indicador CTR, se usó la tasa cero cupón de los TES a tres meses y la volatilidad realizada del mercado de contado de los último 60 días. La evolución del CTR tiene una trayectoria similar al índice calculado con la TBS y la volatilidad implícita *at the money* de las opciones cambiarias. Estos resultados se encuentran disponibles por parte del autor en caso de ser requerido.

2014, el CTR ha disminuido a niveles similares a los observados durante la reciente crisis financiera. Este comportamiento pudo obedecer a un aumento de la volatilidad cambiaria relacionado con los menores precios del petróleo, la mayor incertidumbre por el crecimiento económico a nivel mundial, y la incertidumbre respecto al momento en el cual la Fed empezaría a normalizar su política monetaria.

Figura 1: Carry-to-Risk Ratio y Diferenciales de Tasas de Interés

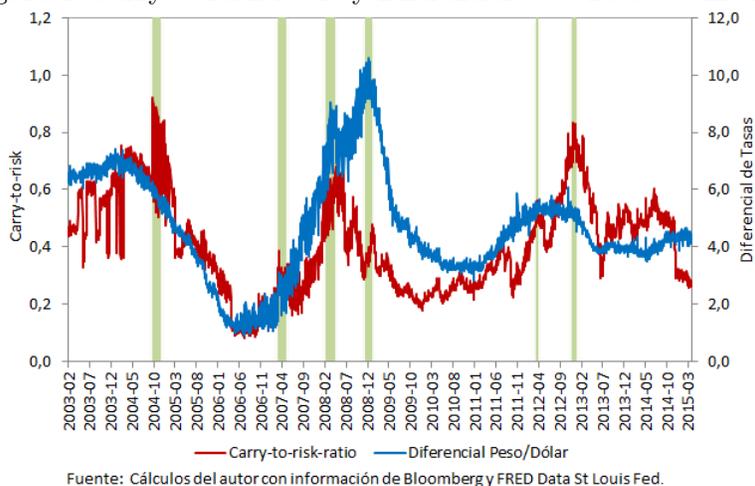
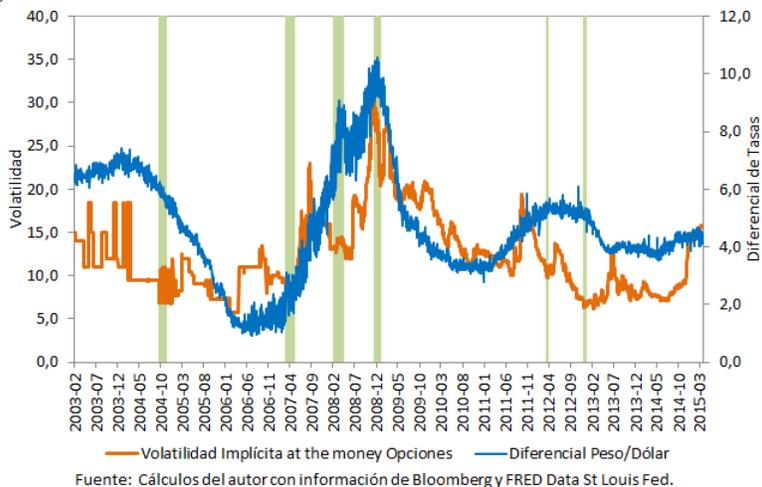


Figura 2: Volatilidad Implícita at the Money de las Opciones del Tipo de Cambio y Diferenciales de Tasas de Interés



3.2. Carry Trade, Turbulencias Cambiarias y Flujos de Capital

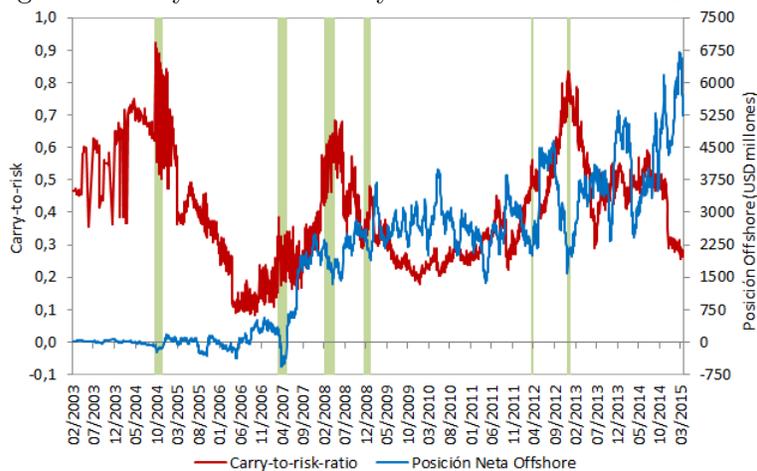
Aunque no es posible identificar si las operaciones en el mercado forward realizadas por agentes no residentes (offshore) son de naturaleza especulativa, esta información es valiosa porque podría dar indicios de operaciones carry trade. La Figura 3 muestra la evolución diaria de la posición neta acumulada del offshore en el mercado forward y del indicador *carry-to-risk ratio*. Una posición neta positiva (negativa) implica que el no residente se compromete a comprar (vender) dólares a una

tasa específica en el período pactado. Una operación carry trade implicaría ventas netas forward en dólares al usarse el peso como moneda objetivo.

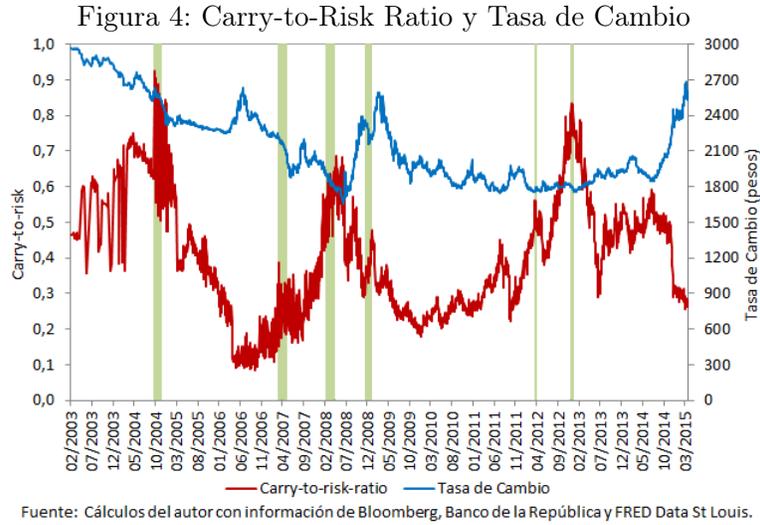
En la mayor parte de la muestra analizada la posición neta del offshore en el mercado NDF es positiva. Sin embargo, hay períodos en los cuales hubo una disminución importante de dicha posición. Por ejemplo, en septiembre y octubre de 2004, marzo y abril de 2007, marzo, abril y noviembre de 2008, y marzo y diciembre de 2012 hay evidencia de que el aumento en el diferencial de tasa de interés ajustado por riesgo (CTR) estuvo acompañado por una disminución de la posición neta del offshore en el mercado forward lo cual podría dar indicios de estrategias carry trade.

Igualmente, si las bajas tasas de interés en la moneda de financiamiento (dólar) están incentivando flujos de inversión en la moneda destino (peso), se esperaría una apreciación del tipo de cambio peso/dólar. En la Figura 4 se evidencia una apreciación del tipo de cambio en los mismos períodos en los que hay evidencia de incentivos de estrategias de inversión carry trade, a excepción de marzo de 2012. Sin embargo, de acuerdo a Curcuru et al. (2010), la existencia de una correlación positiva entre altos diferenciales de tasas de interés y la apreciación del tipo de cambio no implica que operaciones de naturaleza especulativa carry trade sean el único factor que explique dicha relación.

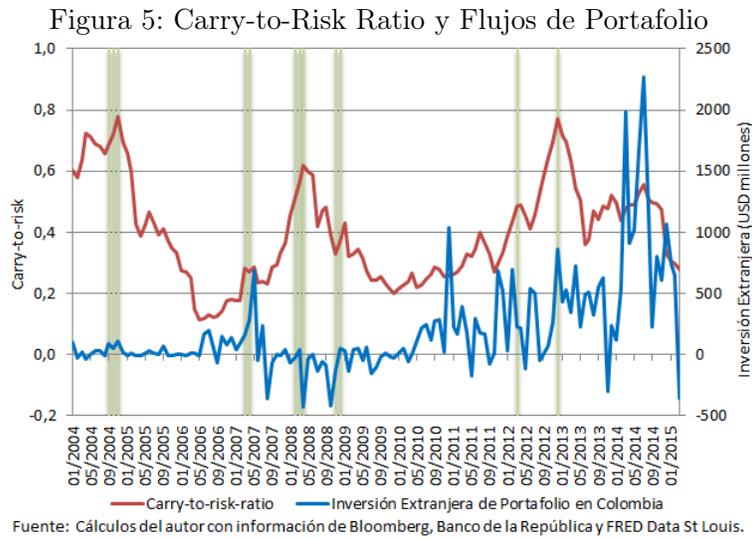
Figura 3: Carry-to-Risk Ratio y Posiciones Netas del Offshore



Fuente: Cálculos del autor con información de Bloomberg, Banco de la República y FRED Data St Louis.



También es adecuado analizar la dinámica de los flujos internacionales de capital en los períodos en los que hubo incentivos de carry trade en Colombia. En la Figura 5 se observa un incremento en los flujos mensuales netos de capital de portafolio en Colombia en todos los períodos en los que hay una disminución importante en la posición neta de los agentes del exterior en el mercado NDF, a excepción de marzo y abril de 2008 y marzo de 2012.



Otro indicador que se debería monitorear en Colombia basado en la evidencia empírica sobre estrategias de inversión carry trade y depreciaciones bruscas del tipo de cambio (Brunnermeier et al. 2009 y Carreño y Cox 2014) es el coeficiente de asimetría (skewness) de las variaciones del tipo de cambio como proxy del *currency crash risk*. Brunnermeier et al. (2009) argumentan que movimientos bruscos del tipo de cambio no relacionados con noticias económicas pueden estar originados en la liquidación de posiciones carry trade cuando agentes especuladores se enfrentan a restricciones de financiación.

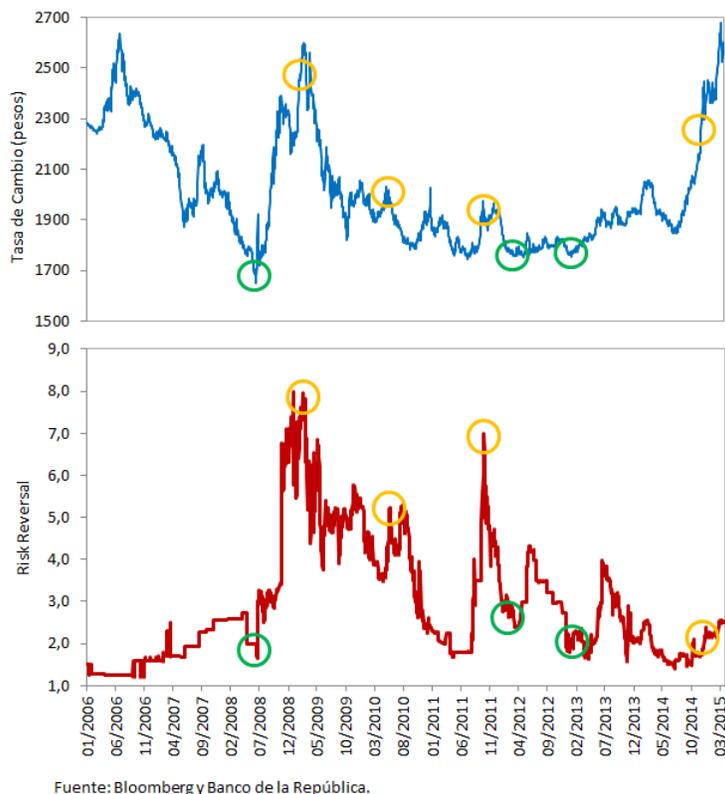
El coeficiente de asimetría como medida de turbulencias cambiarias es útil para determinar si un aumento del carry (diferencial entre la tasa de interés de inversión y de fondeo) predice movimientos bruscos del tipo de cambio o *skewness* futura. Igualmente, las posiciones que tomen los no residentes en el mercado forward tendrán un impacto negativo en el coeficiente de asimetría al aumentar el riesgo de movimientos bruscos en el tipo de cambio, lo cual puede desalentar a este tipo de inversionistas a tomar posiciones de naturaleza especulativa. De esta manera, Brunnermeier et al. (2009) explican que esta proxy del *currency crash risk* puede ser útil para explicar empíricamente la violación de la paridad descubierta de tasas de interés dado que cuando existen incentivos para tomar inversiones carry trade, el tipo de cambio de la moneda destino se aprecia, seguido por movimientos bruscos del tipo de cambio cuando se presentan restricciones de liquidez. De acuerdo a Brunnermeier y Pedersen (2009), el hecho de que la paridad de tasa de interés descubierta no se cumpla implica que los agentes que toman posiciones en estrategias de inversión carry trade demanden un rendimiento adicional por el mayor riesgo en el que incurren en este tipo de inversiones. Adicionalmente, las pérdidas que enfrentan este tipo de agentes ante choques en el mercado cambiario son amplificadas cuando se enfrentan a restricciones de financiación y liquidan sus posiciones.

Una medida alternativa del *currency crash risk* es el *risk reversal* que refleja la percepción del mercado acerca de la dirección mas probable del movimiento del tipo de cambio en el mercado de contado. El *risk reversal* permite predecir que tan optimistas o pesimistas son los traders respecto al comportamiento del tipo de cambio, y se calcula como la diferencia entre la volatilidad implícita *out of the money* de una opción call peso/dólar y la volatilidad implícita *out of the money* de una opción put peso/dólar con el mismo delta.⁷ Un *risk reversal* positivo implica que la volatilidad de las opciones call es mayor que la volatilidad de las opciones put con características similares, lo cual indica que un mayor porcentaje de agentes en el mercado cambiario creen que el tipo de cambio se podría depreciar en el futuro. En otras palabras si el precio de la opción call es mayor (menor) que el precio de la opción put, los agentes esperan que los movimientos en el tipo de cambio tengan una *skewness* positiva (negativa). De esta manera, si el *crash risk* es mayor, el costo de asegurarse ante movimientos bruscos del tipo de cambio (*risk reversal*) es mayor. Igualmente, si la distribución de los movimientos del tipo de cambio es simétrica, el valor del *risk reversal* es igual a cero dado que tanto el precio de la opción put como el precio de la opción call se equilibran de manera exacta.

En la Figura 6 se muestra el comportamiento del *risk reversal* y del tipo de cambio, resaltando los eventos en los cuales el mercado tuvo una expectativa de mayor (menor) depreciación del peso colombiano con relación al comportamiento observado del tipo de cambio. Se observa un aumento sustancial en el *risk reversal* a finales de 2008 en un escenario de depreciación del tipo de cambio.

⁷El delta mide la variación en el precio de una opción ante una variación del precio del activo subyacente. En este trabajo el delta es igual a 25, y se refiere a que tan *out of the money* están las opciones, es decir, el precio de ejercicio de una opción call está a un call delta de 0.25, y el precio de ejercicio de una opción put está a un call delta de 0.75.

Figura 6: Risk Reversal y Tasa de Cambio



Fuente: Bloomberg y Banco de la República.

En el Cuadro 1 se muestran estadísticas descriptivas diarias de carry trade y asimetría de movimientos del tipo de cambio entre febrero de 2003 y marzo de 2015. Se observa una relación positiva entre el promedio del retorno carry trade z_{t+k} y el diferencial promedio de tasas de interés $i_t - i_t^*$, lo cual viola la paridad de tasas de interés descubierta. El retorno carry trade se calcula tomando el dólar como la moneda de fondeo y el peso colombiano como la moneda de inversión, y es igual al diferencial de tasas de interés $i_t - i_t^*$ menos la variación del logaritmo natural del tipo de cambio, Δs_{t+k} . Si un inversionista toma una posición carry trade en la cual invierte en el peso colombiano como moneda destino financiado con dólares americanos obtendría un diferencial de tasas de interés promedio diario de 0.013%, es decir un retorno anual de 4.72%, más el exceso de retorno por movimientos en la tasa de cambio nominal de 0.004% (1.31% anual). Sin embargo, este inversionista estaría sujeto a un *skewness* del retorno diario en carry trade de 0.869 y a un *risk reversal* promedio diario de 3.0%.⁸ Un *skewness* positivo significa que el peso colombiano está expuesto a fuertes depreciaciones con respecto al dólar. Adicionalmente, un coeficiente de asimetría positivo (*skewness*) es consistente con un valor positivo del *risk reversal* lo cual se confirma con los datos para Colombia reportados en el Cuadro 1. La posición neta del offshore en el mercado NDF es positiva en promedio en toda la muestra, sin embargo, como se mencionó, esto no implica que no existan estrategias de inversión de carry trade.

⁸Esto implica que existe un 3.0% de diferencia entre el costo de cubrirse de una depreciación y el costo de cubrirse de una apreciación del peso colombiano.

Cuadro 1: Estadísticas Descriptivas de Carry Trade y Asimetría del Cambio de la Tasa de Cambio

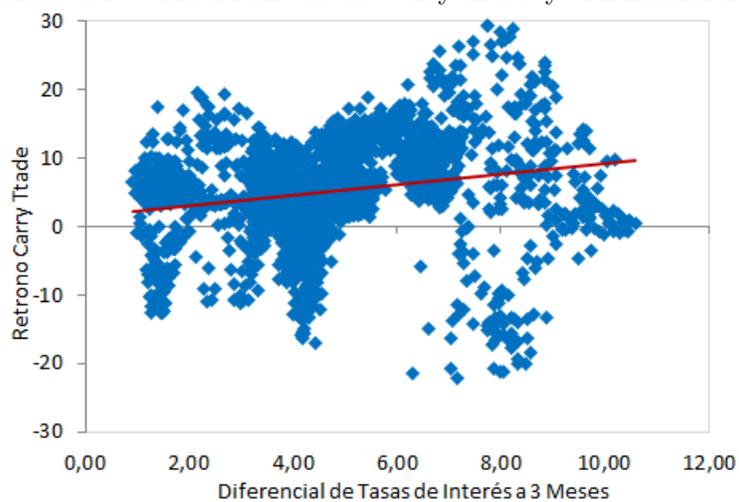
ΔS_{t+k}	-0,004
Z_{t+k}	0,017
$i_t - i^*_t$	0,013
Asimetría (skewness)	0,869
Risk reversal	3,038
Posición NDF	2135,2

Nota: Datos diarios promedio (febrero de 2003 a marzo de 2015). ΔS_{t+k} es el cambio trimestral en el logaritmo del tipo de cambio en el día t; Z_{t+k} es el retorno de carry trade trimestral en el día t medido como el diferencial de tasas de interés a 3 meses menos la variación trimestral en el tipo de cambio; risk reversal es la diferencia entre la volatilidad implícita out-of-the-money a 3 meses de las opciones call menos la volatilidad implícita out-of-the-money a 3 meses de las opciones put con $\Delta 25$; NDF es la posición neta acumulada del offshore en el mercado forward.

En las Figuras 7 y 8 se muestra la relación entre el diferencial de tasas de interés y los retornos de carry trade y el *risk reversal*, respectivamente.⁹ En la Figura 7 se evidencia una correlación positiva entre el diferencial de tasas de interés y el retorno carry trade, lo cual viola la condición de paridad de tasa de interés descubierta. En la Figura 8 es evidente que mayores diferenciales de tasas de interés que podrían incentivar estrategias de inversión carry trade están sujetos a movimientos bruscos en el tipo de cambio o *crash risk* usando como proxy datos diarios de *risk reversal*. Lo anterior, también es consistente con la paridad no cubierta de tasas de interés.

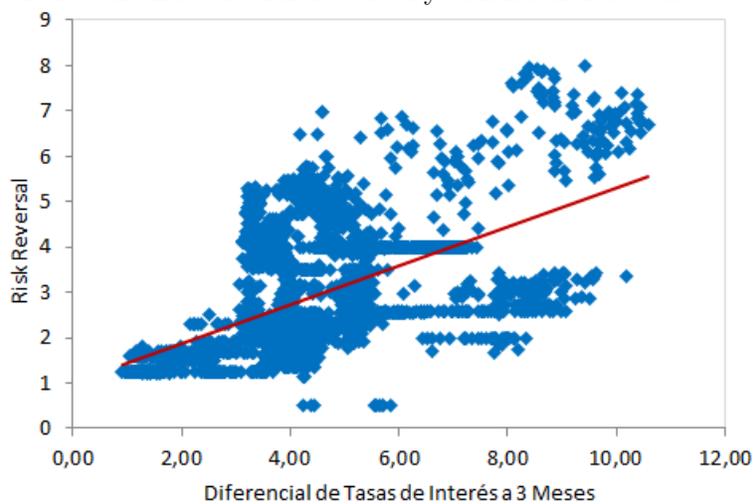
⁹Se usa el *risk reversal* como proxy de *crash risk* en vez del coeficiente de asimetría (skewness) de variaciones del tipo de cambio, dado que al calcular dicho coeficiente mensual con datos diarios no se encuentra ninguna relación ni empírica ni descriptiva con el diferencial de tasas de interés. Adicionalmente, la información de *risk reversal* se tiene disponible en frecuencia diaria que es más representativa de los movimientos futuros del tipo de cambio en el mercado de contado. El Banco de México, por ejemplo, usa el *risk reversal* como proxy del *crash risk*.

Figura 7: Relación entre el Retorno Promedio de Carry Trade y el Diferencial de Tasas de Interés



Fuente: Cálculos del autor con información de Bloomberg, BR y FRED Data St Louis.

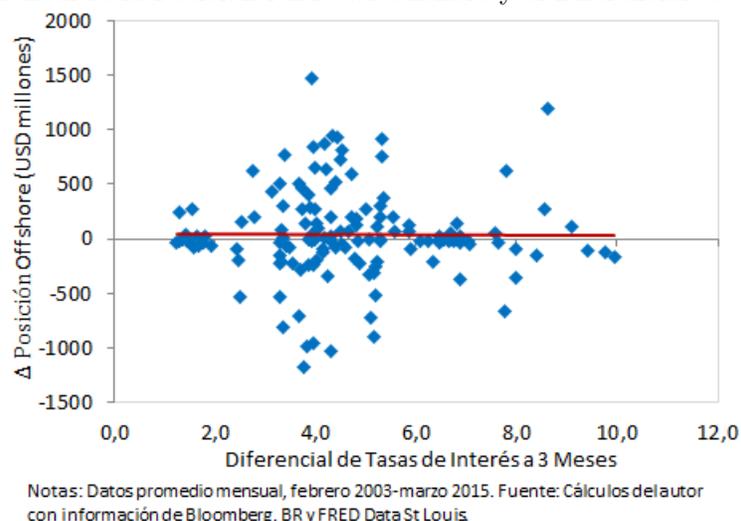
Figura 8: Relación entre el Risk Reversal y el Diferencial de Tasas de Interés



Fuente: Cálculos del autor con información de Bloomberg, BR y FRED Data St Louis.

En la Figura 9 se muestra que no hay una relación definida entre el cambio diario de la posición neta acumulada del offshore en el mercado forward y el diferencial de tasas de interés.

Figura 9: Relación entre la Posición NDF del Offshore y el Diferencial de Tasas de Interés



En resumen, la evidencia descriptiva proporcionada hasta este momento muestra una relación positiva entre el diferencial de tasas de interés y el *risk reversal*. Sin embargo, al igual que en Carreño y Cox (2014), este es un análisis meramente descriptivo en el cual pueden existir otros factores no asociados al carry trade que podrían determinar dichas correlaciones entre variables y tan sólo en la siguiente sección donde se muestran los resultados empíricos se podrá confirmar este hecho estilizado.

4. Evidencia empírica de los determinantes del currency crash risk

A continuación se estudian los determinantes de turbulencias cambiarias en el mercado colombiano entre febrero de 2003 y marzo de 2015 usando como proxy del currency crash risk el *risk reversal*. Se usa la metodología de variables instrumentales usando el estimador del método de momentos generalizados (GMM). Los rezagos de las variables explicativas se usan como instrumentos y las matrices de covarianza son consistentes a heterocedasticidad y autocorrelación (HAC) en el proceso del error. En línea con Brunnermeier et al. (2009) y Carreño y Cox (2014) se evalúa si la posición neta del offshore en el mercado NDF y el diferencial de tasas de interés como medida de incentivos de carry trade explican movimientos bruscos del tipo de cambio. Adicionalmente, se incluye la volatilidad en el mercado cambiario, los CDS, y los precios del petróleo como variables determinantes del *currency crash risk* en Colombia.¹⁰

El modelo estimado es el siguiente:

¹⁰Inicialmente se incluyó el carry-to-risk ratio como indicador de incentivos de carry trade en el modelo estimado. Sin embargo, el coeficiente estimado del CTR no resultó significativo. De esta manera, se decidió separar este indicador entre el diferencial de tasas de interés y la volatilidad para analizar el impacto de cada uno de estos componentes sobre el *risk reversal*. Esta metodología es similar al estudio realizado por el Banco de México (2014) acerca de los efectos del carry trade, el cual mide el impacto tanto de la volatilidad como del diferencial de tasas de interés sobre el risk reversal.

$$Risk\ Reversal_t = \alpha + \beta_1(i_t - i_t^*) + \beta_2NDF_t + \beta_3Vol_t + \beta_4CDS_t + \beta_5Oil_t + \varepsilon_t \quad (4.1)$$

donde *Risk Reversal* es la proxy de turbulencias cambiarias o *crash risk*, $(i_t - i_t^*)$ es el diferencial entre la tasa de interés doméstica y la externa medido como la diferencia entre la tasa básica diaria de la superintendencia (TBS) a tres meses y la tasa diaria de los bonos del tesoro de los Estados Unidos a tres meses, *NDF* es la posición neta del offshore en el mercado forward, *Vol* es la volatilidad implícita *at the money* (ATM) de las opciones cambiarias¹¹, CDS son los Credit Default Swap para Colombia a 5 años, y *Oil* es el logaritmo natural de los precios del petróleo WTI. Todas las variables fueron calculadas como el promedio mensual de datos diarios y se hicieron las respectivas pruebas de raíz unitaria. A excepción del diferencial de tasas de interés $i_t - i_t^*$, todas las variables son I(1) y se usan en primeras diferencias (ver Apéndice A). Se espera que un aumento del carry medido por el diferencial de tasas de interés aumente el riesgo de turbulencias cambiarias, dado que en economías con altas tasas de interés se puede incentivar el carry trade y cuando se liquidan estas operaciones masivamente se pueden generar depreciaciones fuertes del tipo de cambio. Una posición NDF menor implica ventas netas del offshore respecto al período anterior, lo cual podría ser resultado de operaciones carry trade, por lo que se espera un mayor ajuste en la tasa de cambio, y por lo tanto el signo esperado es negativo. Respecto a la volatilidad implícita¹² y a los CDS se espera que la economía sea más vulnerable a ajustes bruscos del tipo de cambio ante un aumento de estas variables y el signo esperado sería positivo, mientras que un aumento de los precios del petróleo podría mejorar los términos de intercambio y disminuir la presión en el mercado cambiario, disminuyendo la posibilidad de ajustes bruscos en el tipo de cambio. De esta manera, se espera que el coeficiente del petróleo en las estimaciones sea negativo.

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos usando la volatilidad implícita *at the money* de las opciones cambiarias como medida de volatilidad. El primer resultado es que los modelos reportados son globalmente significativos a niveles estadísticos estándar de acuerdo al test de Wald. En los tres modelos reportados hay evidencia de que el carry medido por el diferencial de tasas de interés predice movimientos bruscos del tipo de cambio. Igualmente, la variación de la posición neta del offshore en el mercado NDF tiene el signo esperado y predice el *currency crash risk*. Los coeficientes de la volatilidad implícita *at the money*, de los CDS, y de los precios del petróleo van en línea con lo esperado y son significativos y fuertes predictores de turbulencias cambiarias. Adicionalmente, la relación entre carry y *risk reversal* es robusta a la inclusión de variables como la volatilidad cambiaria, los CDS, y los precios internacionales del petróleo.

¹¹Se usa la volatilidad implícita *at the money* de las opciones cambiarias como una variable de ajuste, en línea con la literatura que calcula índices de incentivo de carry trade como el CTR.

¹²Si se incluye el CTR como regresor, un aumento de la volatilidad implícita bajo el supuesto que el diferencial de tasas de interés no cambia, implica una disminución del CTR, lo cual reduce los incentivos de carry trade y disminuye el *currency crash risk*.

Cuadro 2: Efectos del Carry Trade sobre Turbulencias Cambiarias con Volatilidad Implícita ATM

Variable Dependiente: Risk Reversal			
it-it*	0,0233** (0,0125)	0,0346*** (0,0086)	0,0151*** (0,0064)
NDF	-0,0009*** (0,0002)	-0,0014** (0,0007)	-0,0007*** (0,0002)
Vol		0,4353*** (0,1284)	0,1233** (0,0654)
CDS			0,0072*** (0,0021)
Oil			-1,4367*** (0,5038)
Constant	-0,0851 (0,0604)	-0,1180** (0,0563)	-0,0223 (0,0460)
RMSE	0,720	0,821	0,595
N	143	143	143
Chi2-statistic	24,68***	50,80***	230,1***
J chi2-statistic	1,41	1,71	0,47

Errores estándar en paréntesis. RMSE es la raíz del error cuadrático medio. Chi2-statistic es el test de Wald que evalúa la hipótesis de significación conjunta de los coeficientes estimados. J chi2-statistic es la prueba de Hansen que evalúa la hipótesis conjunta de que los instrumentos utilizados son válidos. *indica nivel de significancia de 10%, ** indica nivel de significancia de 5%, *** indica nivel de significancia de 1%.

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos usando la volatilidad spot realizada del mercado cambiario como medida de volatilidad . Este indicador se calcula como la desviación estándar anualizada de los retornos diarios del tipo de cambio. Los resultados son robustos a la inclusión de esta medida de volatilidad. Sin embargo, el coeficiente de la posición neta del offshore NDF deja de ser significativo.

Cuadro 3: Efectos del Carry Trade sobre Turbulencias Cambiarias con Volatilidad Spot

Variable Dependiente: Risk Reversal			
it-it*	0,0233** (0,0125)	0,0252** (0,0118)	0,0128** (0,0064)
NDF	-0,0009*** (0,0002)	-0,0007*** (0,0002)	-0,0003 (0,0002)
Vol Spot		0,0416** (0,0186)	0,0338*** (0,0131)
CDS			0,0078*** (0,0018)
Oil			-1,7396*** (0,5354)
Constant	-0,0851 (0,0604)	-0,1071** (0,0529)	-0,0222 (0,0503)
RMSE	0,720	0,650	0,550
N	143	143	143
Chi2-statistic	24,68***	33,50***	292,4***
J chi2-statistic	1,41	1,37	0,45

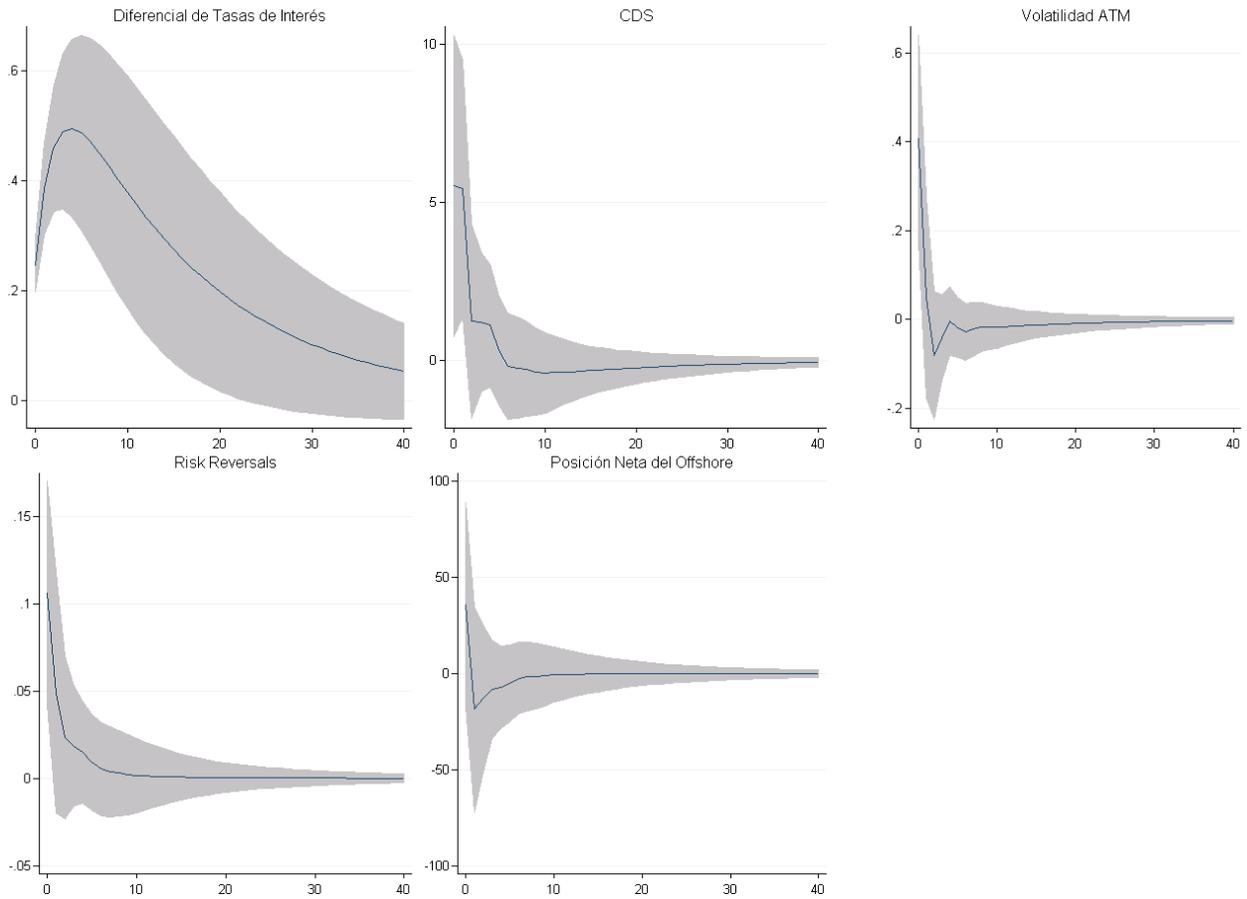
Errores estándar en paréntesis. RMSE es la raíz del error cuadrático medio. Chi2-statistic es el test de Wald que evalúa la hipótesis de significación conjunta de los coeficientes estimados. J chi2-statistic es la prueba de Hansen que evalúa la hipótesis conjunta de que los instrumentos utilizados son válidos. *indica nivel de significancia de 10%, ** indica nivel de significancia de 5%, *** indica nivel de significancia de 1%.

Dados los posibles problemas de endogeneidad que podrían tener las variables explicativas incluidas en las estimaciones, se usa un modelo vectorial autorregresivo (VAR) con datos mensuales para analizar la dinámica de todas las variables ante un choque en los diferenciales de tasas de interés. El número de rezagos se determina de acuerdo a diferentes criterios de información tales como el error de predicción final (FPE), el criterio de información Akaike (AIC), el criterio de información Schwarz's Bayesian (SBIC), y el criterio Hannan and Quinn (HQIC). El VAR estimado es de orden 2 y la matriz de covarianza sobre la cual se calculan las funciones de impulso respuesta supone el siguiente orden de las variables bajo la descomposición de Choleski: $(i_t - i_t^*)$, *CDS*, *Vol*, *Risk Reversal*, *NDF* y se incluye *Oil* como variable exógena.

En la Figura 10 se reportan los resultados del impulso respuesta de un choque al carry medido por el diferencial de tasas de interés con intervalos de confianza (bootstrap) del 95%. Los resultados indican que hay evidencia de que un choque en el diferencial de tasas de interés tiene un efecto inmediato y positivo en las posiciones del offshore en el mercado NDF. Posteriormente, la posición neta NDF disminuye lo cual podría indicar mayores incentivos de carry trade hasta que el efecto

de un mayor carry se diluye. Con respecto al *risk reversal*, un choque al diferencial de tasas de interés genera un aumento del *crash risk* al igual que en Chile (Carreño y Cox 2014).¹³ Finalmente, es evidente que choques al carry generan un impacto inmediato y significativo sobre los CDS y la volatilidad cambiaria.

Figura 10: Funciones de Impulso Respuesta de un VAR(2) ante un choque en los Diferenciales de Tasas de Interés



5. Conclusiones

El carry trade es una estrategia de inversión en la cual un agente tiene incentivos de inversión en monedas que presentan altas tasas de interés y se financia en monedas donde la tasa de interés es más baja. Este tipo de operaciones tienden a apreciar el tipo de cambio de la moneda destino y cuando los agentes enfrentan restricciones de liquidez y/o se evidencia alta volatilidad en el mercado cambiario, la liquidación de dichas posiciones puede generar movimientos bruscos del tipo de cambio

¹³Carreño y Cox (2014) usan el *skewness* de variaciones del tipo de cambio como proxy de turbulencias cambiarias con datos trimestrales promedio de datos diarios.

conocidos como *currency crash risk*. Usando el *carry-to-risk-ratio* y analizando el comportamiento de la posición neta del offshore en el mercado forward, se encuentra evidencia para Colombia que agentes no residentes podrían haber efectuado operaciones carry trade en 2007, 2008 y 2012 que pudieron haber apreciado el tipo de cambio en esos años. Mediante regresiones de variables instrumentales y regresiones VAR se encuentra que los diferenciales de tasas de interés, la volatilidad del mercado cambiario, el comportamiento de los CDS y de los precios del petróleo son factores determinantes del *crash risk* o turbulencias cambiarias en Colombia.

Estos resultados van en línea con la evidencia encontrada por Carreño y Cox (2014) para el caso chileno en la cual el diferencial de tasas de interés como proxy del carry es un fuerte predictor del *currency crash risk*. Sin embargo, los resultados son contrarios a la evidencia encontrada en México donde un aumento del diferencial de tasas de interés no genera mayores expectativas de depreciación futura.

El monitoreo de estrategias de inversión carry trade es importante para la conducción de la política monetaria debido a que aumentos en el diferencial de tasas de interés puede generar incentivos de carry trade e incluso turbulencias en el mercado cambiario en el caso que los agentes no residentes decidan liquidar sus posiciones.

Referencias

- Banco de México. 2014. Effects of Carry Trades on Mexican Asset Prices.
- Bank for International Settlements. 2015. Currency Carry Trades in Latin America. BIS Papers No. 81, Monetary and Economic Department.
- Barclays Capital. 2011. Index, Portfolio and Risk Solutions. World Carry Index, Extracting Value from Carry in the Global Currency Markets.
- Brunnermeier, M. K., S. Nagel, and L. H. Pedersen. 2009. Carry Trades and Currency Crashes. Chapter 5 in Daron Acemoglu, Kenneth Rogoff and Michael Woodford, eds, NBER Macroeconomics Annual 2008, 23: 313-347.
- Brunnermeier, M. K., and L. H. Pedersen. 2009. Market Liquidity and Funding Liquidity. The Review of Financial Studies 22 (6): 2201-2238.
- Carreño, J., P. Cox. 2014. Carry Trade y Turbulencias Cambiarias con el Peso Chileno. Documentos de Trabajo Banco Central de Chile No. 733.
- Curcuro, S., C. Vega and J. Hoek. 2010. Measuring Carry Trade Activity. Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Díaz, S., P. González y C. Sotz. 2012. Carry-to-Risk Ratio como medida de Carry Trade. Estudios Económicos Estadísticos Banco Central de Chile 94.
- Doukas, J. A., and H. Zhang. 2013. The Performance of NDF Carry Trades. Journal of International Money and Finance 36: 172-190.
- Echavarría, J.J., D. Vásquez y M. Villamizar. 2008. Expectativas, Tasa de Interés y Tasa de Cambio. Paridad Cubierta y no Cubierta en Colombia 2000-2007. Borradores de Economía 486, Banco de la República de Colombia.

Apéndice

Cuadro A.1: Descripción de Variables y Fuentes

Variable	Descripción	Fuente
CTR (Carry-to-risk ratio)	Indicador de incentivos de carry trade igual al diferencial de tasas de interés a 3 meses entre la moneda de inversión y la moneda de financiamiento ajustado por la volatilidad implícita <i>at the money</i> de las opciones del tipo de cambio a 3 meses.	Cálculos del autor.
(i-i*)	Diferencial de tasas de interés igual a la tasa básica de la superintendencia (TBS) a tres meses menos la tasa de los bonos del tesoro de los Estados Unidos a tres meses.	La TBS se obtuvo de Bloomberg y la tasa de los bonos del tesoro de los Estados Unidos de la Federal Reserve Economic Data FRED St. Louis Fed.
Vol	Volatilidad implícita <i>at the money</i> de las opciones del tipo de cambio a 3 meses.	Bloomberg.
Retorno Carry (z)	Diferencial de tasas de interés rezagada menos la variación del logaritmo natural del tipo de cambio.	Cálculos del autor con información de Bloomberg, Data FRED St. Louis Fed y datos de la TRM del Banco de la República de Colombia.
NDF	Posición Neta del offshore en el mercado NDF (non delivery forward).	Departamento de Desarrollo de Mercados del Banco de la República de Colombia.
Risk Reversal	Diferencia entre la volatilidad implícita <i>out of the money</i> de una opción call peso/dólar y la volatilidad implícita <i>out of the money</i> de una opción put peso/dólar.	Bloomberg.
CDS	Credit default swap para Colombia a 5 años.	Bloomberg.
Oil	Logaritmo natural de los precios del petróleo WTI.	Cálculos del autor con información de Bloomberg.

Cuadro A.2: Pruebas de Raíz Unitaria

Variable	Dickey Fuller Aumentada		Ng-Perron		Resultado
	(Intercepto)	(Tendencia)	(Intercepto)	(Tendencia)	
(i-i*)	-4.565***	-4.547***	-2.330**	-3.989***	I(0)
<i>Vol</i>	-1.818	-1.796	-1.738*	-1.785	I(1)
NDF	0.570	-1.953	2.144	-1.183	I(1)
Risk Reversal	-2.143	-2.133	-1.862*	-2.211	I(1)
CDS	-2.602*	-2.308	0.450	-0.739	I(1)
Oil	-2.690*	-2.140	-0.554	-1.487	I(1)

*indica nivel de significancia de 10%, ** indica nivel de significancia de 5%, *** indica nivel de significancia de 1%.

