

Una aproximación empírica a la relación entre las tasas de interés de los TES TF y el tipo de cambio en Colombia

Álvaro Andrés Cámaro Suárez, Arnoldo Casas Henao,
Juan Camilo Santana Contreras, Édgar Ricardo Jiménez*

resumen

En este trabajo se analiza la evolución de las relaciones entre las tasas de interés del mercado de deuda pública colombiano y el tipo de cambio nominal peso dólar. Para tal efecto se utilizó la serie histórica de la tasa representativa del mercado (TRM) como medida del comportamiento del tipo de cambio y se construyó un índice del mercado de TES ante la ausencia de un título permanente y representativo de liquidez para el período comprendido entre enero de 2003 marzo de 2006. Se realizaron pruebas de hipótesis de cointegración y causalidad sobre un modelo *casi- VAR* (VECM) cuya principal conclusión mostró la no evidencia estadística respecto a la existencia de una relación a largo plazo entre el tipo de cambio y las tasas de interés de la deuda pública para el período en análisis, aunque sí se logre captar, tanto a corto como a largo plazo, la dinámica entre la tasa de cambio y las tasas de interés del mercado de deuda pública.

Palabras clave: cointegración, causalidad, modelos VECM, función impulso-respuesta, TRM, títulos de tesorería (TES).

abstract

An empirical approach to the relationship between TES and TF interest rates and the type of exchange in Colombia. The present work analyses the evolution of relationships between Colombian public debt market interest rates and the peso-dollar nominal exchange rate. It uses the historical representative market rate (RMR) series for measuring exchange rate patterns and constructs a TES market index for January 2003 to March 2006 in the absence of a permanent and representative liquidity indicator. A cointegration and causality hypothesis was tested using a *casi- VAR* (VECM) model whose main conclusion led to no statistical evidence respecting the existence of a long-term relationship between the type of exchange rate and public debt interest rates for the period being analysed, even though the short-term and long-term dynamics between the exchange rate and public debt market interest rates were captured.

Key words: cointegration, causality, VECM models, impulse-response function, representative market rate (RMR), treasury bonds (TES).

résumé

Une Approximation Empirique de la Relation entre les Taux d'Intérêts des TES TF et le Type de Change en Colombie. L'étude suivante a comme but d'analyser l'évolution des relations entre les taux d'intérêts du marché de la dette publique colombien et le type de change nominal peso dollar. On a utilisé pour cela la série historique du taux représentatif du marché (TRM) comme mesure du comportement du type de change et l'on a créé un indice du marché de TES face à l'absence d'un titre permanent et représentatif de liquidité pour la période de janvier 2003 à mars 2006. Des essais d'hypothèses de co-intégration et de causalité sur un modèle quasi-*VAR* (VECM) ont été réalisés et ont montré comme principale conclusion la non évidence statistique en ce qui concerne l'existence d'une relation à long terme entre le type de change et les taux d'intérêts de la dette publique pour la période analysée, bien que l'on réussisse à captar, tant sur le court que sur le long terme, la dynamique entre le taux de change et les taux d'intérêts du marché de dette publique.

Mots Clés : Co-intégration, Causalité, Modèles VECM, Fonction Impulsion-Réponse, TRM, Titres de Trésorerie (TES).

resumo

Uma Aproximação Empírica à Relação entre as Taxas de Juros dos Títulos da Dívida Pública (TES TF) e o Tipo de Câmbio na Colômbia. O presente trabalho tem como finalidade analisar a evolução das relações entre as taxas de juros do mercado de dívida pública colombiano e o tipo de câmbio nominal peso-dólar. Para tal efeito se utilizou a série histórica da taxa representativa de mercado (TRM) como medida do comportamento do tipo de câmbio e se construiu um índice do mercado de TES frente à ausência de um título permanente e representativo de liquidez para o período de janeiro de 2003 a março de 2006. Realizaram-se provas de hipóteses de co-integração e causalidade sobre um modelo quase-*VAR* (VECM) que mostraram como conclusão principal a falta de evidência estatística com respeito a existência de uma relação a longo prazo entre o tipo de câmbio e as taxas de juros da dívida pública para o período de análise, ainda que sim se possa captar, tanto a curto como a longo prazo, a dinâmica entre a taxa de câmbio e as taxas de juros do mercado de dívida pública.

Palavras-chave: Co-integração, Causalidade, Modelos VECM, Função Impulso-Resposta, TRM, Títulos de Tesouraria (TES).

Clasificación JEL: C100, C190, C300, C320, C500, E000, E190, E310, E400, E430, E440, E490, G000, G190.

Recibido: 8 de noviembre de 2005. **Aprobado:** 21 de marzo de 2006.

* Profesionales adscritos a la Promotora Bursátil de Colombia, S.A.

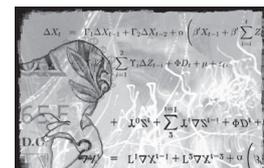
Correos electrónicos:

acamaro@promotorabursatil.com,

acasas@promotorabursatil.com,

csantana@promotorabursatil.com,

ejimenez@promotorabursatil.com.



Cámaro, Á.A., Casas, A.,
Santana, J.C. & Jiménez,
É.R. (2006). *Una aproximación empírica a la relación entre las tasas de interés de los TES, TF y el tipo de cambio en Colombia.* *Innovar* 16(27), xx-xx.

1. Introducción

La evolución de los mercados financieros colombianos ha venido acompañada de la necesidad de contar con instrumentos de análisis enfocados hacia la administración de riesgo, así como al establecimiento de estrategias de negociación, a partir de la aplicación de conceptos numéricos emanados de la estadística y la econometría, con el fin de obtener soporte en las decisiones de inversión de la forma más objetiva posible. En este sentido es común escuchar opiniones de los operadores y agentes del mercado acerca de la relación que existe entre la evolución de la tasa de cambio y el rendimiento de los TES, teniendo en cuenta que estos dos activos son los más representativos del mercado de capitales colombiano y constituyen una importante fuente de ingresos para las diferentes mesas de dinero de comisionistas de bolsa e instituciones financieras en general. No obstante, en la mayoría de los casos, el análisis de la evolución de las series no pasa de indicar su nivel de correlación en el tiempo, observando su significancia estadística, pero sin profundizar en la dirección de causalidad que pueden tener las series o su cointegración a largo plazo.

La evolución de las relaciones entre los diferentes mercados ha sido objeto de numerosos análisis por parte de los investigadores, quienes los han enfocado desde los más variados puntos de vista, utilizando para ello desde el simple análisis de las correlaciones hasta modelos multivariantes como los de vectores autorregresivos (VAR). Con la aplicación de estos modelos se pretendía determinar desde la influencia de los datos macroeconómicos en los mercados, destacándose en este sentido los trabajos de Fama (1981), Chen, Roll y Ross (1986), Wongbangpo y Sharma (2002), hasta las relaciones entre un conjunto de mercados como las analizadas en los trabajos de Masih y Masih (2001) y Forbes y Rigobon (2002), entre muchos otros.

Sin embargo, a pesar de la evidencia empírica que al respecto dan los mercados financieros en el día a día, así como las asignaciones axiomáticas dadas por los operadores en momentos cuando escasean los argumentos o aumenta la volatilidad, existen pocos trabajos que analicen la fortaleza y dirección de la relación que parece existir entre el precio relativo de los bienes locales expresados en términos de una moneda fuerte y la tasa de interés nominal y real de los principales instrumentos de financiación del Gobierno. Dentro de los trabajos consultados acerca del tema de relación de tasas de interés y tipos de cambio sobresale el de Pradyumna Dash, titulado *The Relationship between Interest Rate and Exchange Rate in India*.

Ante la escasez de trabajos sobre la materia, existe en nuestra opinión la necesidad de analizar la evolución

de las relaciones entre el mercado de deuda pública colombiano y el mercado cambiario o de divisas del país, los cuales abarcan una porción importante de las negociaciones diarias del mercado de capitales, al tiempo que son tomados como referencia de la confianza de los agentes en la evolución económica del país y son fundamentales a la hora de tomar decisiones de inversión con visión a largo plazo. Así mismo es interesante investigar los efectos que pudieron haber generado estas relaciones en la actualidad cuando parecen estar cambiando las condiciones macroeconómicas a nivel mundial, resurgiendo paulatinamente las presiones devaluacionistas sobre el peso y los temores alrededor del impacto de mayores tasas de interés en el riesgo país.

Así pues, el objetivo de este trabajo, y por tanto su interés, consiste en cubrir esa necesidad a partir de un estudio que, haciendo uso de un índice de deuda pública cuya construcción se explica más adelante y de la serie histórica del tipo de cambio medida como la tasa representativa del mercado diaria (TRM), analice las relaciones dinámicas entre estos dos importes financieros locales durante el período 2003-2006.

La metodología empleada parte de tomar como referencia un índice representativo de TES TF y uno de la relación peso dólar, sobre los que se realizan contrastes de raíces unitarias como paso previo a un análisis de su nivel de cointegración, mediante la metodología multivariante propuesta por Johansen (1988, 1991) y el análisis de la causalidad según el criterio de Granger (sobre los modelos de corrección de errores, VECM). El estudio es finalmente completado con el análisis de las respuestas a los impulsos de los diferentes índices que proporcionarán una mayor información acerca de las influencias de cada mercado de manera mutua.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se repasa la literatura anterior sobre la materia, en la 3 se describe la metodología e información utilizada para estimar el modelo VECM, en la sección 4 se muestran los resultados empíricos del estudio y, finalmente, en la 5 se resumen las conclusiones.

2. Revisión de la literatura

El estudio de las relaciones existentes entre diferentes mercados financieros y bursátiles del mundo ha ocupado el interés de muchos autores, quienes han analizado el efecto que acarrea determinado comportamiento de activos o de algunas plazas bursátiles sobre el desempeño de diferentes valores o mercados alrededor del mundo. Los períodos de análisis parten desde momentos en los cuales no existen choques externos o turbulencias originadas en desequilibrios de mercados

en particular, hasta aquellos en los cuales inquieta el efecto contagio que puede implicar una crisis como la vivida por Asia, Rusia o Brasil a finales de la década de los noventa.

No obstante, al observar la literatura disponible se evidencia un amplio análisis de las relaciones existentes entre índices bursátiles, en tanto que los vínculos entre variables como las tasas de interés y el tipo de cambio se encuentran enmarcados en planteamientos teóricos generales. Sin embargo, se halló un documento que explora, desde un punto de vista econométrico y de análisis de las series históricas de las tasas de interés y la tasa de cambio, los vínculos entre estas dos variables económicas para el caso de India.

Los primeros trabajos que analizaban la relación entre los diferentes mercados bursátiles fueron los de Grubel (1968), centrado en el estudio de la relación media-varianza entre los diferentes mercados, y posteriormente los de Eun y Beswick (1984) y Solnik (1988), y los de Granger y Mortensen (1970) y Hilliard (1979) que aplicaron técnicas multivariadas de análisis espectral para determinar evidencias de cointegración entre los principales índices mundiales del momento.

Durante la década de los noventa, en la que se sucedieron ciclos económicos tanto positivos como negativos en todo el mundo, los trabajos que analizaban las relaciones entre los diferentes índices se centraban en estudiar los efectos de diferentes crisis en el conjunto de mercados y su transmisión al resto (ya sea de una misma región económica o en términos mundiales), utilizando las más variadas propuestas metodológicas, o bien en estudiar las relaciones entre conjuntos de países de una misma región económica o las relaciones entre los denominados países emergentes y los desarrollados.

De este modo, dentro del primer grupo destacan los trabajos de Hamao, Masulis y Ng (1990), que optaron por utilizar un modelo ARCH para examinar los precios y la transmisión de volatilidad entre los mercados bursátiles de Nueva York, Tokio y Londres, al igual que los de Susmel y Engle (1994), en los que se consideró que el mercado estadounidense era el más influyente de los tres.

En la misma línea que los dos trabajos anteriores se encuentran los de Bae y Karolyi (1994) y Koutmos y Booth (1995), que confirman la transmisión de volatilidad entre Nueva York y Tokio tras el *crash* de 1987 y, finalmente, el de Booth, Martikainen y Tse (1997) que, tras analizar la relación entre los mercados danés, noruego, sueco y finlandés, llegaron a la conclusión de que la transmisión de la volatilidad es asimétrica y que

las malas noticias producen un mayor efecto que las buenas.

Por otro lado, sin embargo, se encuentra el trabajo de Kasa (1992), que utilizó un modelo de corrección de errores autorregresivo mediante el cual encontró una tendencia estocástica común entre los países que conforman el G7, lo que implica que los mercados pueden estar perfectamente correlacionados a largo plazo, pero pueden existir desviaciones significativas. A este último le siguieron los trabajos desarrollados en la misma línea por Corhay, Tourani y Urbain (1993), Chung y Liu (1994), Serletis y King (1997), Aggarwal, Inclan y Leal (1999), entre otros.

Dentro del segundo grupo hacia donde se encaminó la evidencia empírica a lo largo de dicha década –el análisis de las relaciones entre mercados de la misma región económica o la relación entre mercados emergentes y desarrollados–, los trabajos más destacados son los de Cheung y Ho (1991) y Cheung (1993), que examinaron la estructura de la correlación entre los mercados emergentes y los mercados desarrollados de Asia, concluyendo que la correlación entre los mismos era menor que la correlación entre los mercados desarrollados.

En el mismo sentido destacan el trabajo de Corhay, Tourani y Urbain (1993), quienes demostraron una interrelación a largo plazo entre cinco de los principales índices bursátiles europeos, y los de Longin y Solnik (1995) y Bekaert y Harvey (1997), quienes, sobre el análisis de los efectos de los cambios operativos y estructurales, demostraron cómo la correlación entre los mercados bursátiles se ha ido incrementando progresivamente en los últimos años. Finalmente se pueden destacar los trabajos de Choudhry (1997), que analiza las relaciones a corto plazo entre los mercados latinoamericanos y estadounidenses, y el de Christofi y Pericli (1999) para los cinco principales mercados bursátiles de América Latina.

La relación teórica y empírica entre el tipo de cambio de un país y sus tasas de interés ha sido ampliamente estudiada por importantes economistas, quienes a través de sus trabajos han permitido dilucidar destacadas herramientas para el manejo de la política monetaria y fiscal de las naciones. Entre ellos se destacan los aportes de Mundell y Fleming, para quienes un incremento en las tasas de interés de un país genera movimientos en la cotización de la moneda local respecto al dólar, convirtiéndose en un elemento estabilizador de la competitividad del país, así como de la política cambiaria.

La política monetaria a través de la intervención de las tasas de interés provee información a los agentes de la

economía acerca de la evolución futura de la tasa de cambio, así como de posibles alteraciones de la demanda agregada que implican reasignaciones de los recursos entre el ahorro y la inversión.

En la literatura especializada se encuentran varias teorías que intentan explicar la determinación del tipo de cambio y por tanto toman en cuenta las relaciones que en este proceso juega el precio del dinero, más conocido como tipo de interés. Dentro de dichos planteamientos se encuentran la teoría del poder adquisitivo de compra (PPP, por sus siglas en inglés), el modelo de precios flexibles (FPM), la teoría de los precios rígidos (SPM) desarrollada por Dornbush (1976), la teoría del diferencial de tasas de interés reales (RIRD) o la teoría del balance del portafolio (PBT).

Las teorías de los precios rígidos (SPM), de los precios flexibles (FPM) y del diferencial de tasas de interés reales (RIRD) se enmarcan dentro de los modelos monetaristas de la determinación de los tipos de cambio. En dichas teorías, la oferta y la demanda por divisas son los principales determinantes del precio relativo entre las diferentes monedas. Así mismo, tienen en el fondo supuestos como la igualdad de riesgo entre los activos externos e internos, por lo que siempre sus retornos buscarán equipararse.

3. Metodología: análisis de los datos

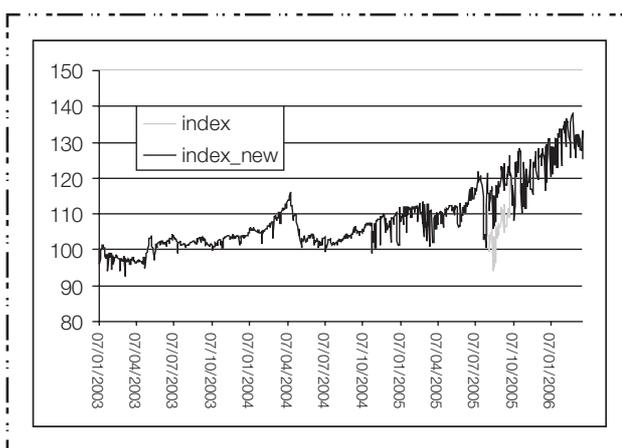
Para abordar el problema se utilizó una muestra de 1.172 datos diarios del índice de TES TF y la TRM, que comprendía el periodo del 07/01/2003 al 23/03/2006. Este período fue escogido lo más amplio posible, con el objetivo de considerar un horizonte de tiempo similar en términos de liquidez, con tipo de cambio flotante para eliminar los posibles efectos de los cambios en el régimen cambiario, permitiendo así dilucidar la relación existente entre los dos mercados. En ausencia de un título TES TF con permanencia representativa durante todo el periodo de análisis (factor preponderante en la selección de la muestra), fue necesario construir un índice TES TF basado en la curva de Nelson y Siegel. La discusión sobre la construcción del índice se presenta en las secciones subsiguientes. De otro lado, se utilizó la serie de tasa representativa del mercado como indicador del tipo de cambio.

Índice TES

Debido a la ausencia de un título permanente y representativo en términos de liquidez, se llevó a cabo la construcción de un índice de TES TF con base en la serie histórica de parámetros estimados por la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), basado en la curva de Nelson y Siegel¹. Esta curva comenzó a calcularse diariamente desde enero de 2003, período desde el cual fue considerada la información para la construcción de nuestro índice.

La metodología de componentes principales fue utilizada para construir el índice basado en los precios sucios obtenidos a través de la curva, logrando captar a través del índice una variabilidad del 91,22% en la dinámica de los precios de los papeles a corto, mediano y largo plazo para el período de análisis. Adicionalmente, los plazos al vencimiento considerados en la construcción del índice fueron entre uno y diez años y la base elegida para el índice fue 07/01/2003. El comportamiento y las fluctuaciones del índice están determinados completamente por los coeficientes estimados de la curva de Nelson y Siegel de un día para otro. Este hecho permitió observar que hubo un período entre el 04/08/05 y el 28/09/05 donde éste presentó una caída, que hizo necesario corregirla antes de construir el modelo de corrección de error. El gráfico 1 exhibe el índice de TES TF y la corrección realizada sobre el mismo para el período de interés.

Gráfico 1. Índice TES TF (*index*) e Índice TES TF corregido (*index_new*) para el periodo 07/01/03–23/03/06.

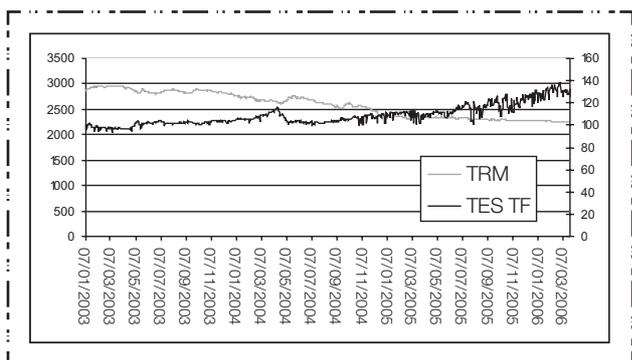


¹ Para una discusión más amplia sobre esta metodología, véanse Nelson & Siegel (1987) y BIS (1999).

TRM

Contrario a los TES TF, existe una gran abundancia de datos relacionados con el tipo de cambio. No obstante, la serie empleada en el presente trabajo se basó en las series públicas de TRM de Bloomberg para el periodo comprendido entre el 07/01/03 y 23/03/06. El gráfico 2 exhibe el comportamiento tanto de la TRM como del índice de TES TF.

Gráfico 2. TRM e índice TES TF, 07/01/03–23/03/06.



Metodología y estimación

Para abordar el problema se utilizó el modelo de corrección de error o *casi-VAR* para analizar las relaciones a corto y largo plazo, y el efecto de esta última, sobre el comportamiento a corto plazo del dólar y los TES tasa fija. Como se señaló en apartados anteriores del presente documento, las relaciones entre tasa de cambio y tasas de interés han sido ampliamente estudiadas por la teoría económica; en un sentido estrictamente econométrico, dichas relaciones hacen necesaria la aplicación de técnicas asociadas con la macroeconomía de series de tiempo desarrollada en trabajos seminales, como Engle y Granger (1987), Osterwald-Lenum (1992), Johansen y Juselius (1990), Johansen (1995), entre otros. A continuación se presenta el sentido práctico y la relevancia de la utilización de dichas metodologías con el fin de establecer relaciones de causalidad entre el dólar y los TES TF.

Cointegración

En términos econométricos, la cointegración entre variables hace alusión a una combinación lineal que permite que los errores obtenidos de una regresión tengan un menor grado de integración. Se sabe que si una serie debe ser diferenciada d veces antes de convertirse en una serie estacionaria, es una serie integrada de orden d . Dos series diferentes x_t, y_t , integradas de orden d se dice que están cointegradas, si el término de

error $u_t = y_t - \beta x_t$, es de menor orden de integración, $I(d-b)$, donde $b > 0$.

La interpretación económica de la cointegración refleja el hecho de que si dos o más series están cointegradas, existe un equilibrio a largo plazo hacia el cual tienden, fluctuando a corto plazo. En otras palabras, aunque puedan existir tendencias estocásticas o determinísticas presentes, existen movimientos conjuntos a lo largo del tiempo que son estacionarios. La cointegración no es más que la mímica de un equilibrio a largo plazo hacia el cual tiende el sistema, siendo estacionaria la diferencia entre variables (ver Harris, 1995).

Causalidad de Granger

La causalidad de Granger, como su nombre lo indica, hace referencia a las posibles relaciones de exogeneidad entre dos variables. Una regresión simple refleja la dependencia entre variables, pero no implica estrictamente una relación de causalidad entre ellas. La pregunta que resuelve esta prueba tiene que ver con la posibilidad estadística de detectar una relación bidireccional (causa y efecto), cuando hay una relación temporal del tipo adelantado-rezagado entre dos variables.

En consecuencia, la prueba de causalidad de Granger supone que la dinámica de las variables del TES TF y la TRM determinan completamente la relación. De esta manera, podría decirse que o bien los TES TF causan en el sentido de Granger a la TRM o la TRM causa en Granger a los TES TF o en los dos sentidos, implicando que los rezagos de una u otra variable pueden mejorar la capacidad predictiva del modelo que describe a la otra variable. En términos econométricos, los modelos que relacionan las dos variables son descritos a continuación:

$$TES_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i TRM_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j TES_{t-j} + u_{1t} \quad (1)$$

$$TRM_t = \sum_{i=1}^n \omega_i TES_{t-i} + \sum_{j=1}^n \eta_j TRM_{t-j} + u_{2t} \quad (2)$$

La ecuación (1) hace referencia a la casación de la TRM hacia los TES TF y la ecuación (2) de los TES TF hacia la TRM. La estimación individual de estas ecuaciones hace necesario que se corran procesos autorregresivos y luego agregar rezagos de aquellas variables sobre las cuales se intuye relación de causalidad. Desde este orden de ideas pueden darse los siguientes casos:

1. Relación de causalidad unidireccional de TRM hacia TES TF
2. Relación de causalidad unidireccional de TES hacia TRM
3. Relación de causalidad bidireccional
4. Ninguna relación de causalidad

4. Resultados

Correlación Índice TES TF y TRM

El gráfico 2 permite observar el comportamiento dispar de las dos series. Se puede observar que, hasta mediados de enero de 2005, el dólar registró un comportamiento a la baja, acompañado de un aumento en los precios de los TES TF y, después de ese período, el comportamiento de las dos variables se marca aún más hasta el final del período. Esta relación se puede ver reflejada a través del coeficiente de correlación entre las dos series en niveles, dado por $-0,80$; no obstante, este dato puede ser alto en términos absolutos, consecuencia de la presencia de raíces unitarias debido a tendencias estocásticas. Tomando la primera diferencia de cada serie, la correlación obtenida es $-0,033$. Para nuestro período de análisis, esta relación es marcada posiblemente por una no relación entre las dos series, en comparación con períodos anteriores a 2003.

Cointegración TES TF y TRM

Pruebas de raíz unitaria

La prueba de Phillips y Perron (1988) es utilizada para examinar la presencia de raíces unitarias sobre la TRM y el índice de TES TF. A diferencia de la prueba ADF (Prueba de Dickey-Fuller aumentado), la de Phillips-Perron tiene en cuenta el efecto de posibles estructuras de correlación sobre los residuales, resultado del ajuste de un modelo lineal, de forma semejante al realizado cuando es utilizada una prueba ADF.

Adicionalmente, supondremos que tanto la serie de la TRM como el índice de TES TF exhiben intercepto y tendencia, como podría ser evidente a través de la observación del gráfico 2. Estos dos casos son considerados debido a la sensibilidad de este tipo de pruebas ante la presencia de tendencias determinísticas. Cuando éstas no son consideradas, la prueba puede llegar a tener bajo poder en detectar si hay o no una raíz unitaria. Las pruebas de hipótesis en ausencia de la componente de tendencia también son calculadas con el fin de hacer comparaciones. Los resultados de las pruebas efectuadas sobre la serie en niveles son presentados en la tabla 1, mientras que la prueba de

Phillips-Perron es realizada sobre las series en primera diferencia (tabla 2).

TABLA 1. Prueba de Phillips Perron sobre serie en niveles

Modelos	TES TF		TRM	
	Quantil (5%)	z(u)	Quantil (5%)	z(u)
Intercepto	-2.864	-2.661	-2.864	-0.281
Intercepto-Ten	-3.414	-7.403	-3.414	-3.194

*H0: Presencia de raíz unitaria.

TABLA 2. Prueba de Phillips Perron sobre serie en diferencias

Modelos	TES TF		TRM	
	Quantil (5%)	z(u)	Quantil (5%)	z(u)
Intercepto	-2.864	-44.522	-2.864	-29.554
Intercepto-Ten	-3.414	-44.503	-3.414	-29.541

*H0: Presencia de raíz unitaria.

Las anteriores tablas permiten concluir que las series de TRM y TES TF presentan raíces unitarias. Los cuantiles al 5% son tomados de MacKinnon (1991). Nótese que cuando suponemos que la serie de TES TF presenta una tendencia determinística, no hay evidencias estadísticas para suponer que hay una raíz unitaria, es decir, es una serie con estacionariedad en tendencia. Finalmente, podemos concluir que nuestras series son integradas de orden uno o $I(1)$.

Modelo de corrección de error -VEC

En nuestro intento por modelar las relaciones a corto y largo plazo entre la TRM y el TES TF, es supuesto que los datos exhiben una tendencia, que aunque leve, está latente, lo mismo que un intercepto y tendencia para el vector de cointegración. La estructura definida de esta forma permite obtener el máximo valor de la log-verosimilitud (8011,45). Adicionalmente, el criterio de información Akaike es el menor $-13,81$ del conjunto de posibles configuraciones relacionadas con la ausencia o presencia de tendencia sobre los datos e intercepto o tendencia sobre el vector de cointegración.

Lo que se espera observar a través de este modelo es que variaciones positivas del tipo de cambio afecten de forma negativa y no positiva a los precios de los TES TF. Bajo el marco de la paridad de tasas de interés, la devaluación debe estar acompañada por incrementos en las tasas de interés para mantener la paridad a causa

del arbitraje. No obstante, los resultados del modelo señalan que la relación aparente a largo plazo asocia la devaluación con incrementos en los precios de los TES TF. Si bien a corto plazo la caída de los TES TF puede estar acompañada de devaluación, a largo plazo debe retornar a una relación de equilibrio establecida por la ecuación de cointegración.

De forma inversa, procesos de reevaluación que a corto plazo pueden generar incremento en los precios de los TES TF o caídas en las tasas de interés necesariamente vendrán acompañados en periodos posteriores por caídas en los TES TF (incremento en las tasas) con el fin de retornar al equilibrio a largo plazo que mantienen las variables. La pregunta es entonces: ¿Cuándo viene el ajuste?

Dado que las series en estudio son de frecuencia diaria, supondremos que el análisis sobre los primeros 30 rezagos será suficiente para captar toda la estructura y dinámica de las dos series. Pruebas de hipótesis sobre los primeros 30 rezagos permiten obtener los rezagos más significativos: los primeros 15 días y el día 21 son suficientes para describir la dinámica bivariada de forma apropiada. Las series son analizadas sobre los logaritmos para evitar posibles fluctuaciones inherentes en las series en niveles.

Resultado del ajuste del modelo, la ecuación de cointegración permite encontrar la siguiente relación entre las dos series en logaritmos:

$$LOG_TES_{t-1} - 1.495 LOG_TRM_{t-1} - 0.0006t + 7.417$$

Esta ecuación permite concluir que a largo plazo las fluctuaciones positivas de la tasa de cambio tendrán un efecto directo y positivo sobre las tasas de interés, corroborando lo discutido en apartados anteriores. No obstante, aunque es confirmada la hipótesis empírica respecto al comportamiento a largo plazo entre estas dos variables, la evidencia estadística respecto a la significancia de esta relación a largo plazo no es completamente cierta. Las pruebas del rango (*cointegration rank test*) y del máximo autovalor o eigenvalor (ver Enders, 1995; Hamilton, 1994), al nivel de significancia del 5%, no revelan motivos para concluir que exista una relación de cointegración. Las tablas 3 y 4 contienen las pruebas sobre cointegración al nivel de confianza del 95%. Los cuantiles son tomados de MacKinnon-Michelis (1999).

TABLA 3. Prueba del rango para cointegración

H0: No CEs	autovalor	Est. traza	Quantil (5%)
Ninguna	0.0115	16.783	25.872
Una	0.0029	3.434	12.518

Tabla 4. Prueba del máximo autovalor para cointegración

H0: No CEs	autovalor	Est. máx.	Quantil (5%)
Ninguna	0.0115	13.343	19.387
Una	0.0029	3.44	12.517

Dentro del modelo VEC estimado, el efecto directo de los parámetros estimados a largo plazo (velocidad de ajuste) sobre a corto plazo es proporcional a los cambios sobre la TRM, no obstante, en una tasa muy pequeña (0.0065)[t = 3.118]. Por otro lado, el efecto del coeficiente estimado de la relación a largo plazo sobre los cambios de los TES TF es inverso (-0.0253)[t = -1.986]; es decir, ante desvíos positivos de la relación a largo plazo, los TES TF deben corregir descendiendo en aproximadamente 0.0253 puntos. Caso semejante (pero contrario) ocurre para la relación entre los desvíos de equilibrio a largo plazo y los cambios en la TRM.

Para el diagnóstico tenemos la prueba de multiplicadores de Lagrange sobre el vector de residuales para determinar si persiste estructura, así que, con 30 autocorrelaciones, la prueba estadística ML proporciona un valor de 2.216 con probabilidad de 0.696. Creemos que con el tamaño de la muestra utilizada, podemos hacer válidas las inferencias realizadas sobre los parámetros del modelo.

Funciones impulso respuesta

Los gráficos 3 y 4 describen el comportamiento de cada una de las variables (TES TF y TRM) ante choques sobre las innovaciones de la tasa de cambio y de interés, es decir, los efectos que puede transmitir una variable en la dinámica de la otra a corto y largo plazo a través del modelo VEC estimado. Los gráficos representan la relación a largo plazo entre las variables; ante variaciones, la respuesta tanto del TES TF sobre la TRM como de la TRM sobre el TES TF tiende a estabilizarse luego de 80 días. Los gráficos muestran cómo el efecto inmediato es negativo a corto plazo, pero se anula e incluso se revierte con el paso del tiempo. Es decir, que ante un choque que desvíe la TRM, el efecto inmediato se traduce en una caída de los TES TF, pero con un efecto neto positivo a largo plazo, implicando que la devaluación tenga un efecto positivo sobre los TES TF.

De forma complementaria, es considerable el efecto que bajo el modelo tienen los TES TF sobre la TRM. A la luz de los gráficos se observa que desviaciones positivas de los precios de los TES TF tienen un impacto más acentuado en la respuesta de la TRM. De hecho, el efecto es mucho más fuerte que el generado por la TRM sobre los TES TF. En este orden de ideas,

incrementos de los TES tienen efectos revaluacionistas a corto plazo y devaluacionistas a mediano y largo plazo.

Prueba de causalidad de Granger

El análisis de exogeneidad realizado sobre el modelo VEC estimado permite concluir que el índice TES TF causa en el sentido de Granger a la TRM y no en el sentido contrario, es decir que se tiene una relación en la que las dinámicas exhibidas por el mercado de deuda pública puede mejorar la capacidad predictiva de la TRM. Una prueba ji-cuadrado con 16 grados de libertad (ji-cuadrado = 38.45, p-valor = 0.0013) permite determinar la relación causal en el sentido de Granger de los TES TF hacia la TRM.

GRÁFICO 3. Respuesta del TES TF ante choques de la TRM y los TES TF.

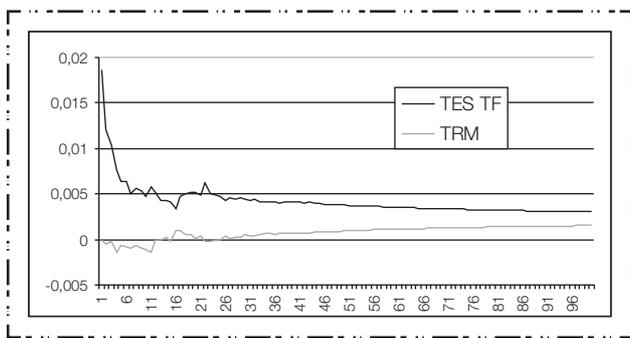
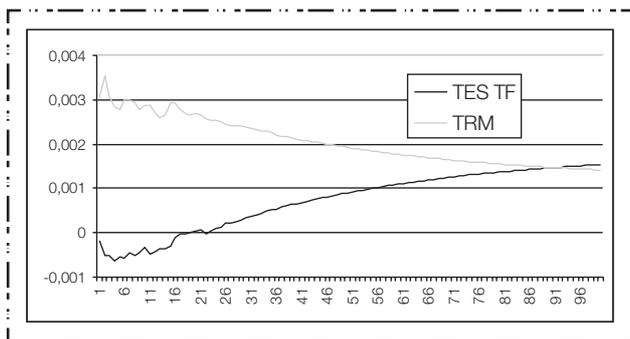


GRÁFICO 4. Respuesta de la TRM ante choques de la TRM y los TES TF.



5. Conclusiones

A la luz de los anteriores análisis pueden extraerse varias conclusiones. En términos estrictamente econométricos, no existe una relación a largo plazo en el sentido estadístico entre las variables y la causalidad, se observa en una dirección en el sentido de Granger.

El hecho de que estadísticamente no pueda sostenerse que existe una relación de cointegración a largo plazo entre las variables, no tiene implicaciones fuertes sobre la dinámica del negocio. Si bien la relación entre la tasa de cambio y las tasas de interés es un tema ampliamente estudiado por la macroeconomía y resulta evidente e intuitivo considerar la existencia de relaciones estables entre las mismas, el sentido de la relación en la práctica de los agentes del mercado es un mundo de tipo Mundell-Fleming, donde los diferenciales de tasas de interés e inflaciones entre las economías determina el sentido del flujo de capitales.

Dicho esquema opera sobre la base de existencia de paridad de tasas de interés y tiene fuertes implicaciones en la racionalidad de los agentes que operan en el mercado. En efecto, la paridad de tasas de interés lleva a los agentes a sustituir TES TF por dólares o activos en dólares en presencia de devaluación de la tasa de cambio o venta de dólares o activos en dólares ante incrementos frente a subidas en el precio de los TES TF. Si bien estas relaciones son plausibles en el modelo, el efecto neto a largo plazo lleva a pensar que incrementos en los precios de los TES TF se traducen en el LP en devaluación y, por su parte, las devaluaciones incrementan los precios de los TES en el LP.

El modelo aquí presentado estudia la relación directa entre la devaluación de los TES TF y carece de un modelo teórico de equilibrio general que pueda determinar la relación entre otras variables, como la intervención del Banco Central, las tasas de interés globales y libres de riesgo, y los diferenciales de inflación entre las economías. Estas consideraciones resultan importantes para la toma de decisiones, desde el punto de vista del pronóstico, y serán consideradas en estudios futuros.



Referencias bibliográficas

- Aggarwal, R., Inclan, C. & Leal, R. (1999). Volatility in Emerging Stock Markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 34, 33-55.
- Bae, K.H. & Karolyi, G.A. (1994). Good News, Bad News and International Spillovers of Stock Return Volatility between Japan and the US. *Pacific Basin Financial Journal*, 2, 405-438.
- Bekaert, G. & Harvey, C.R. (1997). Emerging Equity Market Volatility. *Journal of Financial Economics*, 43, 29-77.
- BIS (1999). Zero-coupon yield curves: technical documentation. *Bank for International*.
- Booth, G.G., Martikainen, T., & Tse, T. (1997). Price and Volatility Spillovers in Scandinavian Stock Markets. *Journal of Banking and Finance*, 21, 811-823.
- Chen, N.F., Roll, R. & Ross, S.A. (1986). Economic Forces and the Stock Markets. *Journal of Business*, 59, 383-403.
- Cheung, Y.L. (1993). A Note on the Stability of the Intertemporal Relationships between the Asian-Pacific Equity Markets and the Developed Markets: A Non Parametric Approach. *Journal of Business Finance and Accounting*, 20, 223-229.
- Cheung, Y.W. & Ho, L.K. (1991). The Intertemporal Stability of the Relationships between the Asian-Pacific Equity Markets and the Developed Equity Markets. *Journal of Business Finance and Accounting*, 18, 235-254.
- Choudhry, I. (1997). Stochastic Trends in Stock prices: Evidence from Latin American Markets. *Journal of Macroeconomics*, 19, 285-304.
- Chung, P.J. & Liu, D.J. (1994). Common Stochastic Trends in European Stock Markets. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 34, 241-259.
- Corhay, A., Tourani, A. & Urbain, J.P. (1993). Common Stochastic Trends in European Stock Markets. *Economic Letters*, 42, 385-390.
- Dornbusch, R. (1976). Expectations and Exchange Rate Dynamics. *Journal of Political Economy*, 84(6), 1161-1176.
- Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Engle, R.E. & Granger, C.W.J. (1987). Cointegration and Error-correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 251-276.
- Eun, C.S. & Beswick, B.G. (1984). Estimating the Correlation Structure of International Share Prices. *Journal of Finance*, 39, 1311-1333.
- Fama, E.F. (1981). Stock Returns, Real Activity, Inflation and Money. *American Economic Review*, 71, 545-565.
- Forbes, K.J. & Rigobon, R. (2002). No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Markets Comovements. *The Journal of Finance*, 57(5).
- Granger, C.W.J. & Mortensten, D. (1970). *Predictability of Stock Market Prices*. Lexington, MA: Heath and Loy.
- Grubel, H. (1968). Internationally Diversified Portfolios: Welfare Gains and Capital Flows. *American Economic Review*, 58, 89-94.
- Hamao, Y., Masulis, R.W., & Ng, V. (1990). Correlations in Price Changes and Volatility across International Stock Markets. *The Review of Financial Studies*, 3(2), 281-307.
- Hamilton, J. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton: Princeton University Press.
- Harris, D.I.R. (1995). Using Cointegration Analysis in Econometric Modelling. Harvester Wheatsheaf: Prentice Hall.
- Hilliard, J. (1979). The Relationship between Equity Indices on World Exchanges. *Journal of Finance*, 34, 103-114.
- Johansen, S. & Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 169-209.
- Johansen, S. (1995). *Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford: Oxford University Press.
- Kasa, K. (1992). Common Stochastic Trends in International Stock Markets. *Journal of Monetary Economics*, 29, 95-124.
- Koutmos, G. & Booth, G.G. (1995). Asymmetric Volatility Transmission in International Stock Markets. *Journal of International Money and Finance*, 14, 747-762.
- Longin, E. & Solnik, B. (1995). Is the Correlation in International Equity Returns Constant: 1960-1990? *Journal of International Money and Finance*, 14, 26-40.
- Mackinnon, J.G. (1991). Critical Values for Cointegration Tests. En R.F. Engle & C.W.J. Granger (eds.). *Long-run Economic Relationships: Readings in Cointegration*, 267-276. Oxford: Oxford University Press.
- Masih, R. & Masih, A.M.M. (2001). Long and Short Term Dynamic Causal Transmission amongst International Stock Markets. *Journal of International Money and Finance*, 20, 563-587.
- Nelson, C. & Siegel, A. (1987). Parsimonious modeling of yield curves. *Journal of Business*, 60, 473-489.
- Osterwald-Lenum, M. (1992). A Note with Quintiles of the Asymptotic Distribution of the Maximum Likelihood Cointegration Rank Test Statistics. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54, 461-472.
- Phillips, P.C.B. & Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75, 335-346.
- Serletis, A. & King, M. (1997). Common Stochastic Trends and Convergence of European Union Stock Markets. *The Manchester School*, 65, 44-57. *Settlements*, Basle, March 1999.
- Solnik, B. (1988). *International Investments*. MA: Addison Wesley.
- Susmel, R. & Engle, R.F. (1994). Hourly Volatility Spillovers between International Equity Markets. *Journal of International Money and Finance*, 13, 3-25.
- Wongbangpo, P. & Sharma, S. (2002). Stock Market and Macroeconomic Fundamental Dynamic Interactions: ASEAN-5 Countries. *Journal of Asian Economics*, 13, 27-51.

$$\Delta X_t = \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \Gamma_2 \Delta X_{t-2} + \alpha \left(\beta' X_{t-1} + \beta' \sum_{i=1}^t Z_{t-i} \right) + \Gamma_0 Z_t + \sum_{i=1}^2 \gamma_i \Delta Z_{t-i} + \Phi D_t + \mu + \varepsilon_t$$

$$+ \lambda^0 \nabla^t + \sum_{s=1}^t \lambda^s \nabla^s + \Phi D^t +$$

$$\nabla^t = L^1 \nabla X^{t-1} + L^5 \nabla X^{t-5} + \alpha \left(\beta' X_{t-1} + \beta' \sum_{i=1}^t Z_{t-i} \right) + \Gamma_0 Z_t + \sum_{i=1}^2 \gamma_i \Delta Z_{t-i} + \Phi D_t + \mu + \varepsilon_t$$