

# **CUADERNOS DE DESARROLLO ECONÓMICO**

## **CUADERNO No. 4**

### **DETERMINANTES DE LA TRM, ANÁLISIS DE LAS FUENTES DE OFERTA Y DEMANDA EN EL MERCADO DE DIVISAS**

**SECRETARÍA DISTRITAL DE DESARROLLO  
ECONÓMICO**

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS  
SOCIOECONÓMICOS Y REGULATORIOS**

**Bogotá D.C.  
Junio de 2010**

**Secretaría de Desarrollo Económico**

Alcaldía Mayor de Bogotá

**Samuel Moreno Rojas**

Alcalde Mayor de Bogotá

**Mariella Barragán Beltrán**

Secretaria de Desarrollo Económico

**Nubia Elsy Martínez Castañeda**

Subsecretaria de Desarrollo Económico

**Alfredo Bateman**

Director de Estudios Socioeconómicos y Regulatorios

**María Carolina Eslava**

Asesora de Comunicaciones

**Autores**

Alfredo Bateman

Javier Esteban Martínez

**Diseño**

Nicolay Villamarín Orduña

**Diagramación y Revisión de Textos**

Daniel Jaime Aulí

**Impresión**

Subdirección Imprenta Distrital DDDI

[www.desarrolloeconomico.gov.co](http://www.desarrolloeconomico.gov.co) - publicaciones - Cuadernos de desarrollo económico

La Serie de Borradores de Desarrollo Económico es una publicación de la Secretaría de Desarrollo Económico de la Alcaldía Mayor de Bogotá. Los trabajos de la Serie son borradores de carácter provisional; las opiniones y errores son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen a la Secretaría de Desarrollo Económico ni a la Alcaldía Mayor de Bogotá. Todo el material está protegido por derechos de autor; su uso está permitido libremente siempre y cuando se realice la debida cita bibliográfica.

# PRÓLOGO

En este cuarto número de la serie cuadernos de desarrollo económico, la Secretaría de Desarrollo Económico presenta el producto de un estudio elaborado por la Dirección de Estudios Socioeconómicos y Regulatorios, en el cuál se hace un análisis histórico de los determinantes de la tasa de cambio, teniendo en cuenta las fuentes de oferta y demanda del mercado de divisas.

Recientemente hemos observado un creciente interés por el comportamiento de la tasa de cambio, diferentes posiciones en cuanto a la constante revaluación del peso frente al dólar y los impactos que ello tiene sobre la estructura productiva y sus efectos en la ciudad. En esta discusión han intervenido hacedores de política comercial, los sectores productivo, exportadores e importadores; los primeros han intentado, por diferentes vías, detener la revaluación del peso en respuesta a las constantes presiones del sector productivo y exportador, quienes a su vez advierten sobre las consecuencias de esta revaluación sobre la competitividad y el empleo; el tercer actor implicado, por su parte, argumenta que si bien es cierto el impacto que tiene la revaluación sobre la actividad exportadora y el empleo, se debe tener en cuenta que sus causas, son de tal magnitud que evitarla no será posible mediante las políticas que actualmente lleva a cabo la autoridad monetaria y comercial.

Con el ánimo de contribuir a esta discusión, la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico presenta este documento, aceptando que no entender los determinantes del comportamiento histórico de la tasa de cambio en Colombia hace imposible la formulación de políticas efectivas.

A lo largo de este documento se plantean los principales componentes de la balanza de pagos, el comportamiento internacional de la cotización del dólar y factores propios de la Bolsa de Valores de Colombia, como posibles determinantes de la tasa de cambio, mientras que el análisis de estos factores se hace mediante la aplicación de herramientas estadísticas.

Adicionalmente, con el ánimo de contribuir al análisis del caos en los mercados accionarios, en el presente documento se desarrolla un modelo teórico en el que se pretende describir el comportamiento de los precios en el mercado accionario y de divisas, mediante la modelización del comportamiento social de los agentes económicos.

Esperamos que este producto sea un elemento más a la discusión del problema y particularmente a la comprensión del comportamiento de una variable fundamental para la competitividad de nuestras empresas como lo es la tasa de cambio.

Mariella Barragán Beltrán  
Secretaria de Despacho





## Contenido

<b>PRÓLOGO</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>9</b>
<b>1. MARCO HISTÓRICO Y METODOLÓGICO</b>	<b>9</b>
1.1.Comportamiento histórico	9
1.2.Explicación metodológica	13
1.3.Criterios para la escogencia de las variables que determinan la TRM	13
1.4.Herramientas econométricas que serán usadas en este documento	14
<b>CAPITULO II</b>	<b>17</b>
<b>2. RESULTADOS EMPÍRICOS</b>	<b>17</b>
2.1.Análisis de tendencia (Largo Plazo), pruebas de cointegración	17
2.1.1.Hipótesis 1: Determinantes exógenos de la tendencia que presenta la TRM.	17
2.1.2.Hipótesis 2: Análisis de los componentes de la balanza de pagos y su efecto sobre la tendencia de la TRM	19
2.2.Análisis de Volatilidad (Corto plazo), Causalidad de Granger: Capacidad de predicción de los ciclos presentes en la TRM, determinantes de la TRM	25
2.2.1.Hipótesis 1: Capacidad de predicción de la volatilidad de la TRM, por parte de factores externos.	26
2.2.2.Hipótesis 2: Capacidad de predicción de la volatilidad de la TRM, por parte de los componentes de la balanza de pagos.	27
2.2.3.Hipótesis 3: Capacidad de predicción de la volatilidad de la TRM, por parte de factores endógenos propios del comportamiento de la BVC.	29

2.3.Descomposición de varianzas: Factores que determinan los ciclos de la TRM	30
2.3.1.Hipótesis 1: Determinantes exógenos de la volatilidad que presenta la TRM.	31
2.3.2.Hipótesis 2: Análisis de los componentes de la balanza de pagos y su efecto sobre la volatilidad de la TRM.	32
2.3.3.Hipótesis 3: Determinantes endógenos de la TRM, análisis sobre el comportamiento de la BVC.	33
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>35</b>
3. FRACTALES Y EL COMPORTAMIENTO CAÓTICO DE LOS MERCADOS FINANCIEROS	35
3.1.Fractales y finanzas	35
3.2.Modelo teórico, interacción social y mercados especulativos	39
CONCLUSIONES Y/O CONSIDERACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

## INTRODUCCIÓN

El comportamiento de la TRM en los últimos años, a través de un proceso sistemático de revaluación, y los debates acerca de los efectos, conveniencia y márgenes de maniobra en el contexto nacional, han adquirido cada vez una importancia mayor y más aún si se tiene en cuenta el proceso de re-primarización de la economía colombiana y el riesgo cada vez más latente de la presencia de la temida enfermedad holandesa<sup>1</sup> y sus efectos sobre el sector industrial exportador y particularmente para la estructura productiva bogotana. Con el análisis hecho en este trabajo se espera identificar las fuentes de revaluación del peso y aportar a la comprensión del fenómeno y por tanto a la respectiva intervención.

Específicamente, el presente trabajo tiene por objetivo encontrar cuáles son las posibles causas del comportamiento en la cotización del dólar por medio del análisis de los datos históricos de la TRM, para el periodo 1996-2009, 2001-2009 y 1997-2009 en cuanto al análisis de la balanza de pagos, de la BVC y el análisis del Intercontinental Exchange index respectivamente.

El comportamiento de la tasa de cambio será abordado desde dos perspectivas, su tendencia (comportamiento de largo plazo) y su volatilidad (comportamiento de corto plazo). Para esto se aplicarán descomposiciones Hodrick-Prescott, a las series de datos analizadas, con el fin de extraer el componente tendencial de las series, y así poder dilucidar si el comportamiento cíclico y el comportamiento tendencial de la TRM pueden ser explicados mediante las diferentes variables propuestas. En este sentido, se plantearán una serie de hipótesis sobre los posibles determinantes de la TRM y se probarán mediante pruebas de cointegración y pruebas de causalidad de Granger así como descomposición de varianzas.

Para entender las fluctuaciones de la TRM es importante identificar los factores que pueden determinar su comportamiento, factores que en muchos casos no son tenidos en cuenta a la hora de definir políticas en miras de regular el mercado cambiario colombiano.

Para efectos del presente análisis, se tendrán en cuenta factores de oferta y demanda mediante el análisis de la balanza de pagos y de la cotización internacional del dólar. Adicionalmente, se incluirá el análisis de la Bolsa de Valores de Colombia basados en el presunto grado de sustitución que existe entre los dólares, como activo de inversión, y las acciones de la BVC, tal como afirma Ferrari y Amalfi en su trabajo sobre valoración de

<sup>1</sup> La enfermedad holandesa hace referencia a la pérdida de competitividad que sufren a través de la revaluación cambiaria el conjunto de sectores económicos de un país cuando un sector particular, generalmente del sector primario, aumenta extraordinariamente sus exportaciones, ampliando notablemente la entrada de divisas y así el valor de la moneda nacional.

acciones para el caso Colombiano<sup>2</sup>. Un estudio hecho por Fernando Franco, basado en el modelo de Markowitz<sup>3</sup>, encuentra que, en base a una matriz de varianza-covarianza, el IGBC presenta correlaciones inversas con las variaciones de los TES y la TRM (-46.7% y -10.9% respectivamente), lo cual da señales de que los portafolios de acciones en la bolsa se pueden diversificar, con TES o TRM.

En el capítulo 1 se hace una descripción de las posibles fuentes, externas y domésticas, del comportamiento de la tasa de cambio, así como la explicación de la metodología que será usada en lo corrido del capítulo 2 ; en el capítulo 2 se desarrolla la contrastación de las tres hipótesis planteadas en este documento, para el análisis de tendencia mediante pruebas de cointegración de Johansen (numeral 2.1), y para el análisis de las fluctuaciones mediante pruebas de causalidad de Granger y mediante descomposición de varianzas (numeral 2.2 y 2.3); en el capítulo 3 se presenta una introducción del uso de fractales en el análisis del mercado bursátil y cambiario, así como un modelo teórico que contribuye a la comprensión del comportamiento, de los agentes, en mercados accionarios y de divisas (numeral 3). Finalmente, se presentan las conclusiones y/o consideraciones de este ejercicio.

2 Cesar Ferrari / Alex Amalfi, 2007, Fundamentales empresariales y económicos en la valoración de acciones. El caso de la bolsa Colombiana.

3 2007, Fernando de Jesús Franco, El modelo de Markowitz, TES, TRM y el IGBC.

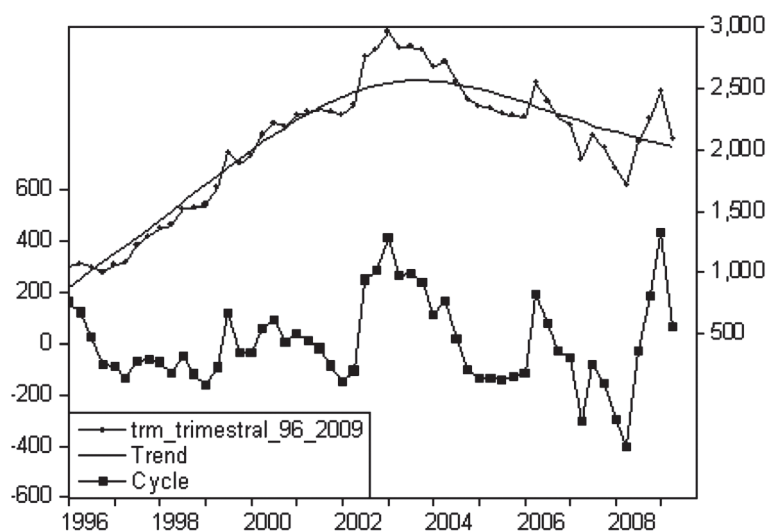
## CAPITULO I

### 1. MARCO HISTÓRICO Y METODOLÓGICO

#### 1.1. Comportamiento histórico

Recientemente se ha observado que la cotización del dólar ha presentado una clara tendencia a la baja<sup>4</sup> en Colombia (ver figura 1) y una alta volatilidad en países en los que el sector bursátil es aún poco profundo. Para entender estos fenómenos se debe tener en cuenta algunos hechos históricos, en Colombia y el mundo, que han influenciado el comportamiento de la TRM.

**Figura 1: Filtro Hodrick-Prescott (lambda=1600)**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

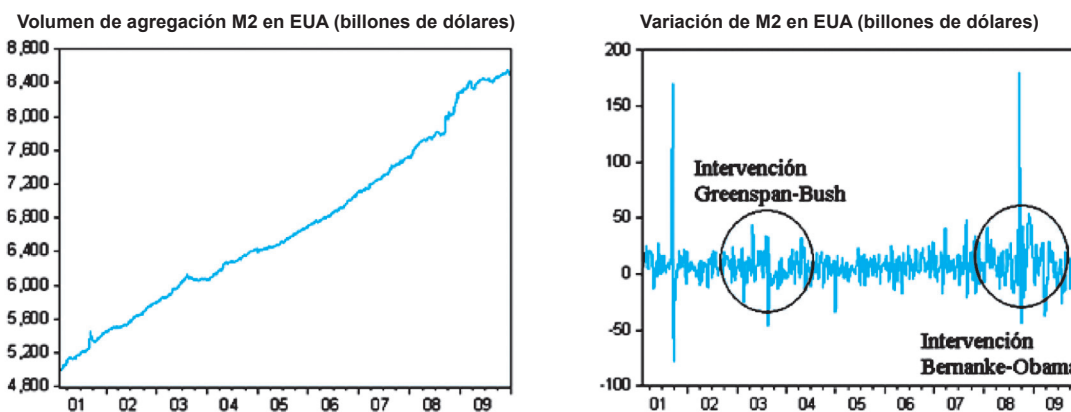
En Colombia la tendencia a la baja que ha presentado la TRM podría ser causada por un exceso de dólares en el mercado local, a su vez, este exceso de dólares puede haber sido provocado por fenómenos como un aumento en las exportaciones, un aumento en el nivel de remesas de los trabajadores o un aumento en el nivel de inversión extranjera directa, entre otros componentes de la Balanza de pagos. Específicamente se plantea que la volatilidad y tendencia que presenta la TRM puede ser causada: i) por la volatilidad y tendencia que presenta la cotización del dólar a nivel mundial, ii) por la volatilidad y tendencia de los componentes de la Balanza de Pagos o, iii) por la volatilidad presente

<sup>4</sup> Tendencia a la baja que puede ser observada como la razón dólar vs un índice del dólar denominado ICE index.

en la Bolsa de Valores de Colombia<sup>5</sup>, este último factor relacionado con la TRM debido al alto grado de sustituibilidad que tienen las acciones de la bolsa y el dólar como activos dentro de los portafolios de inversión que forman los agentes económicos.

Para comenzar veremos qué papel han jugado ciertos acontecimientos a los que la opinión pública les ha atribuido el comportamiento de la cotización del dólar en el mercado mundial. Los hechos a nivel mundial que pueden haber afectado el comportamiento de la TRM pueden ser analizados en dos tramos de tiempo en función de las intervenciones de política fiscal y monetaria: La era Greenspan-Bush y la era Bernanke-Obama. Si algo tiene en común ambas intervenciones es la cantidad de dólares que han inyectado a la economía mundial, ya sea por políticas expansionistas dirigidas a financiar costosos proyectos de guerra o por financiar proyectos para la recuperación de la economía (ver figuras 2 y 3).

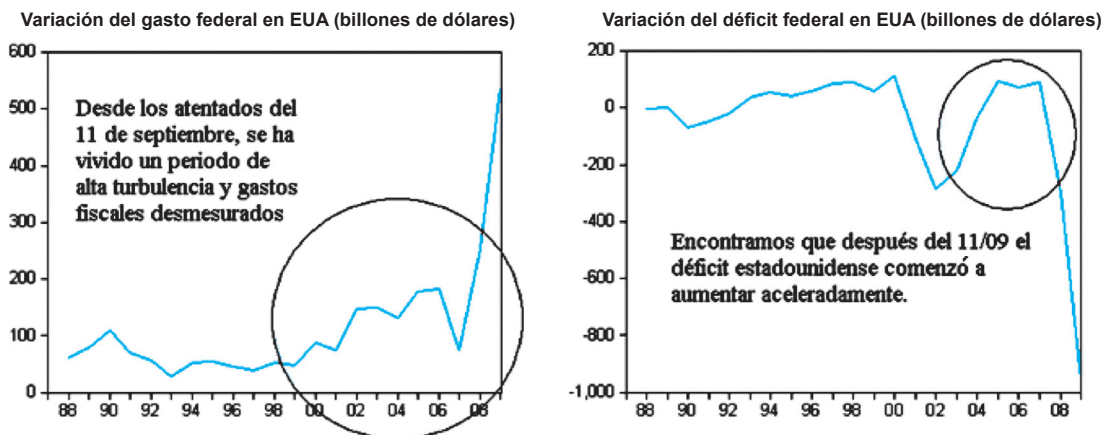
**Figura 2: Comportamiento histórico del agregado monetario M2 en E.U.**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

5 El comportamiento de la Bolsa de Valores de Colombia no tiene tendencia.

**Figura 3: Comportamiento histórico de los desembolsos federales y déficit fiscal en E.U.**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

En los gráficos 2 y 3, se encuentra que además de observar una tendencia creciente del volumen de agregación monetaria M2, esta agregación presenta cambios caóticos justo en las épocas en que se dieron dos fenómenos, los atentados del 11 de septiembre, y posterior stress experimentado por las bolsas a nivel mundial, y la crisis sub-prime experimentada en el 2008. Un comportamiento similar se puede observar en la variación del gasto federal, así como del déficit fiscal estadounidense, a partir de dos tipos de influencias:

(i) Greenspan-Bush: Intervención caracterizada por las políticas expansionistas seguidas por la FED. Estas políticas monetarias expansionistas se dieron en gran medida como un esfuerzo por reactivar el sector financiero, el cual estaba en una situación de incertidumbre debido a la crisis de las empresas .com y a los atentados del 11 de septiembre, acontecimiento que obligó al FED a relajar sus políticas de regulación y más importante, a reducir sus tasas de intervención a niveles históricamente bajos.

En adición a la política expansionista adoptada por el FED hay que añadir la política fiscal adoptada por Bush, con la excusa de financiar “la guerra contra el terrorismo”. Estos dos fenómenos económicos generaron un déficit en cuenta corriente que posteriormente originó un exceso de dólares en la economía mundial.

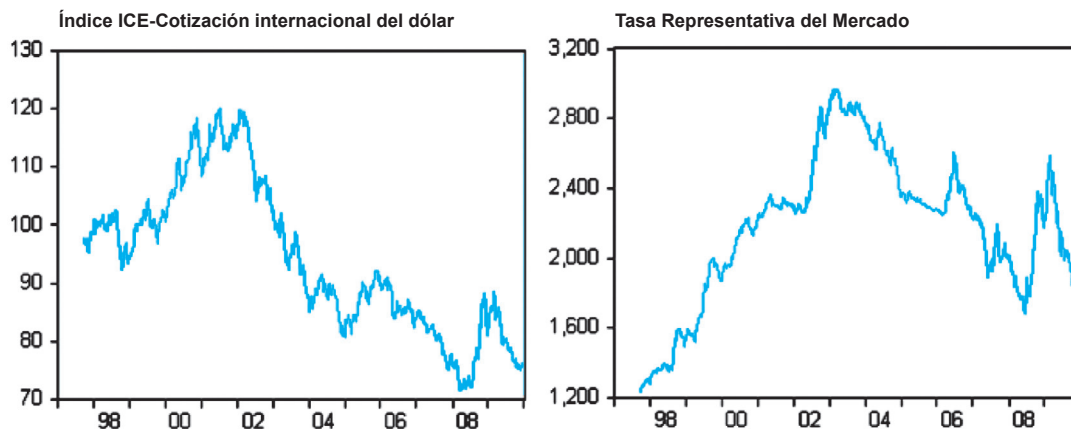
(ii) Bernanke-Obama: A raíz de la crisis económica que se evidenció en marzo del 2008, numerosas entidades financieras se vieron afectadas al igual que el sector real. Debido a esto, las autoridades fiscal y monetaria estadounidenses optaron por incentivar la

demanda agregada mediante tres medidas: inversión, gasto público y políticas monetarias expansivas. Estas medidas se vieron materializadas en fuertes y aceleradas reducciones de las tasas de interés, así como en auxilios a entidades financieras y productivas en peligro de entrar en bancarrota y un gran paquete de intervención pública.

“[...] Respecto al 2008, en el 2009 los egresos estadounidenses subieron de US\$ 3.51 billones (17.8%). Los que más crecieron fueron casi todos los “nuevos” (se originan en esta crisis): US\$ 154,000 millones del Programa TARP (auxilio al sistema financiero), US\$ 91,000 millones para Fannie Mae y Freddie Mac (bancos hipotecarios ligados al gobierno) y US\$ 151,000 millones del Plan Estímulo de Obama”<sup>6</sup>.

Todos estos hechos han generado un exceso de oferta de dólares en el mercado de divisas mundial, lo que a su vez podría haber generado una pérdida de poder adquisitivo de esta moneda (ver figura 4). En la figura 4 se evidencia que en Colombia el comportamiento del tipo de cambio no solo es decreciente sino bastante volátil. Volatilidad que, tal como se señaló antes, podría ser explicada porque los agentes ven en el dólar un instrumento de inversión, lo cual provoca que este experimente fluctuaciones tan volátiles como la de los precios de las acciones en la bolsa, posiblemente por el grado de sustituibilidad que presentan.

**Figura 4: Comportamiento histórico de la TRM y de la cotización internacional del dólar**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

6 Humberto Campodónico, EEUU: déficit fiscal y dólar a la baja, Periódico La República Perú



## 1.2. Explicación metodológica

Al igual que en otros estudios que intentan explicar el comportamiento del dólar, en este documento se planteará la cotización internacional del dólar (ICE-INDEX)<sup>7</sup>, y ciertos componentes de la balanza de pagos como posibles explicaciones al comportamiento del dólar, pero a diferencia del común de estudios de esta naturaleza, en este además se incluirá el comportamiento que presente la Bolsa de Valores de Colombia, como un factor adicional dentro del análisis acerca del comportamiento de la TRM.

Tanto en el análisis de largo plazo como en el de corto plazo la hipótesis 1 siempre estará asociada con componentes exógenos, propios de la cotización internacional del dólar, la hipótesis 2 siempre se referirá al análisis de los componentes propios de la Balanza de Pagos, y la hipótesis 3, incluida solamente en el análisis de corto plazo, hará referencia al análisis de dos aspectos relevantes en el comportamiento de la BVC, la cotización semanal del IGBVC y el volumen semanal de transacciones realizadas en la BVC, (variable `shares_traded`).

Como justificación de uso de las variables incluidas en el análisis, a continuación se presentan las razones por la cual se incluyen dentro del análisis cada una de estas variables. Además se hará un breve barrido sobre las definiciones de cointegración, comportamiento estacionario, pruebas de causalidad, modelos VAR y descomposición de varianzas.

## 1.3. Criterios para la escogencia de las variables que determinan la TRM

Cotización Internacional del dólar (ICE-INDEX o DOLLAR-INDEX): Es claro que el comportamiento que presente la cotización internacional del dólar influirá directamente sobre la cotización de esta variable en Colombia. Básicamente porque la oferta internacional de dólares se da como componente exógeno a la economía colombiana, además de que la oferta de esta moneda en Colombia está determinada, en parte, por la cotización que esta tenga en su momento, es decir que la relación entre las fuentes de oferta en Colombia<sup>8</sup> y la cotización del dólar es de tipo feedback.

Componentes de la Balanza de pagos colombiana: Precisamente la balanza de pagos es el componente que permite saber cuál es nuestra posición crediticia frente al extranjero, de esta manera la balanza de pagos y sus componentes determinan la cantidad de dólares que entran y salen de la economía colombiana, razón por la cuál es de esperar que cambios sobre este rubro o sus diferentes componentes impacten directamente la

7 El ICE-INDEX es una medida que permite determinar la cotización internacional del dólar, de forma estandarizada. Su cálculo se hace mediante la composición de una canasta de monedas, las cuales se consideran las principales monedas en términos comerciales, tal como se muestra a continuación.

8 Exportaciones, inversión extranjera directa y remesas, entre otros rubros.

cotización del dólar en Colombia. La razón por la que no se incluyen cada uno de los componentes dentro de la balanza de pagos es porque se eligieron los que manejan los mayores volúmenes de dólares (ver cuadro 1), o los componentes que han tenido cambios importantes en los últimos periodos, ejemplo de esto es el destacado comportamiento que ha presentado la inversión extranjera directa o el nivel de remesas en los últimos años (ver figura 7).

**Cuadro 1: Valor promedio de los principales componentes de la Balanza de Pagos (1996-2009)**

<b>BALANZA_COMERCIAL</b>	-371.1883
<b>BALANZA_PAGOS</b>	764.4409
<b>CUENTA_CORRIENTE</b>	-690.2698
<b>CUENTAS_CAPITAL_Y_FINANC</b>	954.5337
<b>INVERSION_EXT</b>	1448.674
<b>REMESAS_TRABAJADORES</b>	638.7985
<b>TRANSFERENCIAS_CORRIENTES</b>	727.0965
<b>VARIACION_RESERVAS_BRUTA</b>	254.8480

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

Comportamiento de la Bolsa de Valores de Colombia: Uno de los factores que no son tenidos en cuenta en la formulación de políticas monetarias y comerciales es el comportamiento de la BVC. Tenemos que el mercado de valores colombiano presenta una aparente relación de sustitución entre inversiones en moneda extranjera (dólar) y acciones de la Bolsa, tal como señala Ferrari y Amalfi en su trabajo sobre valoración de acciones para el caso Colombiano<sup>9</sup>. Los autores señalan que esto puede deberse en gran medida a la poca profundidad del mercado bursátil Colombiano, al tamaño de este y no menos importante, a la poca apertura a mercados de capitales extranjeros.

#### **1.4. Herramientas econométricas que serán usadas en este documento**

Las pruebas de cointegración sirven para determinar si existen relaciones de largo plazo entre las variables analizadas, es decir, con estas pruebas se quiere establecer si cada una de hipótesis que se plantean en la sección I sirve para explicar el comportamiento de la TRM. Esta prueba nos permitirá saber si la TRM, el índice ICE y finalmente cada uno de los componentes dentro de la balanza de pagos están cointegradas, es decir, si estas son variables integradas, unidas por una tendencia temporal común.

<sup>9</sup> Cesar Ferrari / Alex Amalfi, 2007, Fundamentales empresariales y económicos en la valoración de acciones. El caso de la bolsa Colombiana.

Para la prueba de cointegración de Johansen, es necesario analizar las series previamente con el fin de determinar si presentan raíz unitaria, lo que implica que las variables no presentan un comportamiento estacionario<sup>10</sup>. Si presentan raíz unitaria hay que diferenciarlas las veces que sea necesario hasta que la serie no tenga raíz unitaria, para así, con el número de diferencias determinar el orden de integración,  $I(i)$ . Esto debido a que solo pueden existir relaciones de cointegración entre variables con el mismo orden de integración, por lo que si las variables tienen diferente orden de integración, no habrá necesidad de hacer pruebas de cointegración, debido a que estas no serán válidas para hablar de la existencia de cointegración entre las variables analizadas.

Por otro lado tenemos que la prueba de causalidad de Granger<sup>11</sup> sirve para establecer si el comportamiento de cierta variable es útil para explicar el comportamiento de otra. Esta relación de causalidad se puede establecer unidireccional o bidireccional. Se dice que una variable causa a otra si esta provee información significativa, estadísticamente hablando, acerca de los futuros valores de la otra variable<sup>12</sup>.

*“[...] En términos prácticos se dice que una variable  $y_1$  es causada, en el sentido de Granger, por otra variable  $y_2$  si la información del pasado y presente de  $y_2$  ayuda a explicar el comportamiento de  $y_1$ . Formalmente hablando, suponga que  $G_t$  contiene toda la información relevante en el periodo  $t$  y definiendo  $\sigma^2 [y_1(1)|G_t]$  como el MSE condicional de la predicción óptima de  $y_1$ , dada la información en  $G_t$ . Se dice que  $y_1$  es causada, en el sentido de Granger, por  $y_2$  si para  $t$*

$$\sigma^2 [y_1(1)|G_t] < \sigma^2 [y_1(1)|G_t \setminus \{y_2 | s \leq t\}]$$

*Donde  $G_t \setminus \{y_2 | s \leq t\}$  denota toda la información en  $G_t$  que no está en  $\{y_2 | s \leq t\}$ . En otras palabras,  $y_1$  es causado por  $y_2$  si esta puede ser predicha más eficientemente cuando la información del pasado y presente de  $y_2$  es tomada en cuenta en adición a toda la demás información disponible en el universo[...]*<sup>13</sup>

Finalmente tenemos que el análisis de modelos VAR se usa para mitigar problemas de simultaneidad, específicamente se usa cuando se sabe que una variable no solo depende de sus rezagos, sino que esta depende de otras variables y de los rezagos de

10 Comportamiento estacionario significa que la distribución de la variable es constante a lo largo del tiempo. Para el análisis en economía basta con obtener estacionariedad débil, lo que significa que la media y la varianza de la serie son constantes a lo largo del tiempo, Montenegro, Series de tiempo, Universidad Javeriana.

11 La definición de Granger has sido criticada porque está basada en predictibilidad más que en relaciones de causa y efecto entre variables, sin embargo si es una herramienta útil para identificar relaciones feedback o de una sola dirección.

12 Es importante destacar que la prueba de causalidad queda correctamente especificada si los datos provienen de una distribución normal y son estacionarios, también se debe tener en cuenta que la información que contiene  $G_t$  es solo la referente a las variables  $y_1$  y  $y_2$ , y a esto es que se refiere con “información disponible del universo”, esto implica que cambios en ese conjunto de información podría causar cambios en el resultado.

13 Introduction to the theory and practice of econometrics, Second edition, Judge, Carter, Griffiths, Lutkepohl y Tsoung-Chao Lee, 1988

esta, además de que la relación puede no ser en una sola dirección, por lo que identificar la verdadera relación puede convertirse en una tarea difícil. Identificar que variables afectan el comportamiento de la variable dependiente se logra mediante la estimación de un modelo VAR así como de la descomposición de varianzas, entre otros recursos.

Al hacer la descomposición de la varianza de la TRM pretendemos saber cuál es la contribución del error de la TRM y de las otras variables tenidas en cuenta en el análisis, es decir que queremos saber qué porcentaje de la varianza de predicción de la TRM se debe a su propio error y qué porcentaje se debe al error de cada una de las otras variables<sup>14</sup>.

14 Montenegro, Álvaro, (2002), Series de Tiempo, Universidad Javeriana, pg. 112

## CAPITULO II

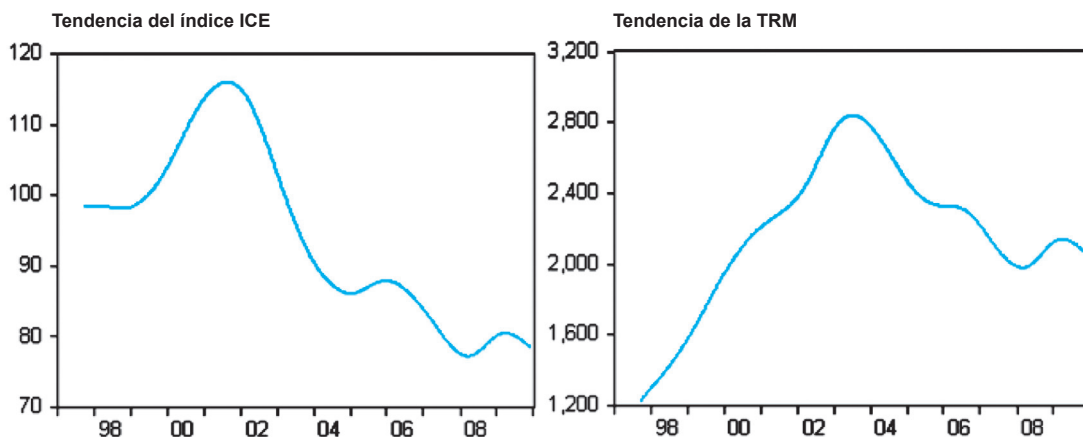
### 2. RESULTADOS EMPÍRICOS

#### 2.1. Análisis de tendencia (Largo Plazo), pruebas de cointegración

##### 2.1.1. Hipótesis 1:

El comportamiento de la TRM en el mercado local es producto de la tendencia a la baja que ha venido presentando el dólar a nivel mundial, así que este comportamiento es el que explica el comportamiento revaluacionista del peso. Sí esta hipótesis llega a ser verdad tendríamos que las causas de la reducción de la TRM en el mercado local, son exógenas, hecho que debería ser tenido en cuenta si se quiere promover política monetaria en miras de controlar el tipo de cambio, pues el componente fuerte de la revaluación no sería producto de políticas domésticas por lo que la esterilización de las políticas monetarias, destinadas a controlar el tipo de cambio, serían más difíciles de conseguir.

**Figura 5: Tendencia de la TRM y de la cotización internacional del dólar**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

En términos de tendencia es claro que una caída en la cotización del dólar a nivel mundial será transmitida a la cotización nacional del dólar, TRM. Es decir que en términos de tendencia se espera que una caída del ICE-INDEX este acompañada por una caída de la TRM. Para saber si el efecto esperado realmente se da se realizarán pruebas de cointegración, con el fin de ver si existe alguna relación de largo plazo entre el tipo de cambio en Colombia vs el comportamiento del tipo de cambio a nivel mundial. Para poder medir el comportamiento del precio del dólar a nivel mundial vamos a usar el índice del dólar, denominado ICE-INDEX<sup>15</sup>.

Pruebas de raíz unitaria Dickey–Fuller aumentado y Phillips–Perron

Para poder establecer relaciones de cointegración lo primero que debemos hacer es establecer el grado de integración que tienen estas dos variables. Si encontramos que tienen el mismo grado de integración procedemos a hacer las pruebas de cointegración, y encontrar si existen o no ecuaciones de cointegración, con lo que tendríamos que el comportamiento del dólar a nivel mundial está estrechamente relacionado con el precio de este en Colombia.

A continuación se presentarán los resultados a las pruebas de raíz unitaria, bajo ambos métodos. Los resultados pueden leerse en base al valor de la probabilidad, donde la hipótesis nula plantea a la serie con raíz unitaria, y el criterio bajo el cual se rechaza la hipótesis nula es una probabilidad menor al 10%.

### Cuadro 2: Pruebas de raíz unitaria para la TRM y el ICE

Pruebas de raíz unitaria	Dickey–Fuller augmented (p-value)	Phillips–Perron (p-value)
ICE-DOLLAR-INDEX	0.8533	0.838
Primera diferencia ICE-DOLLAR-INDEX	0	0
TASA REPRESENTATIVA DEL MERCADO	0.3309	0.3308
Primera diferencia TASA REPRESENTATIVA DEL MERCADO	0	0

Cuadro 1: Resultado de las pruebas de raíz unitaria AD-F y P-P, leídas a partir del p-value

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

Una vez hacemos las pruebas de raíz unitaria (ver cuadro 1) encontramos que la TRM y el índice ICE solo son estacionarias en primera diferencia, por lo que se dice que estas series presenta orden de integración uno. Debido a que ambas series presentaron el mismo orden de integración podemos realizar la prueba de cointegración de Johansen, y ver si estas presentan alguna relación de cointegración.

**Cuadro 3: Prueba de cointegración entre la TRM y el ICE**

Pruebas de cointegración respecto a la TRM	Número de relaciones cointegradas en el modelo		Tendencia de los datos y tipo de test
	Trace	Max-Eig	
Variables			
ICE_DOLLAR_INDEX	0	0	N.A.

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

Una vez realizada la prueba de cointegración encontramos que no se presentan relaciones de cointegración (ver cuadro 3), es decir que el comportamiento que ha presentado el tipo de cambio, definido como pesos por dólar, no se puede explicar por el comportamiento que ha tenido la cotización del dólar a nivel mundial, por lo menos en términos de su tendencia (comportamiento de largo plazo), lo cual nos proporciona evidencia estadística para afirmar que los factores que determinan la tendencia de la TRM no son externos, sino domésticos. Para esto analizaremos la siguiente hipótesis, la cual busca determinar los causales de la revaluación del peso a partir de factores propios de la Balanza de Pagos.

### 2.1.2. Hipótesis 2:

El comportamiento de la TRM en el mercado local se debe a un gran flujo de capitales que entran y salen del mercado local, causado básicamente por cada uno de los componentes de la Balanza de Pagos, o de todos los componentes en forma agregada.

La balanza de pagos, cuyo propósito es definir la posición de un país como acreedor o deudor respecto a sus socios económicos, puede descomponerse en cuatro cuentas: Cuenta corriente, Cuentas de capital, financiera y errores u omisiones netos<sup>16</sup>. Al igual que con el análisis del ICE, veremos si hay alguna relación de cointegración entre los componentes de la Balanza de Pagos y la TRM. Los resultados de las pruebas de raíz unitaria y pruebas de cointegración (sí aplica) se presentan a continuación (Tablas 4 y 5).

**Cuadro 4: Pruebas de raíz unitaria para los componentes de la Balanza de Pagos**

Pruebas de raíz unitaria	Dickey–Fuller augmented (p-value)	Phillips–Perron (p-value)
BALANZA_PAGOS	0	0
CUENTA_CORRIENTE	0.1232	0.1433
Primera diferencia CUENTA_CORRIENTE	0	0
CUENTA_CAPITAL_Y_FINANCIERA	0.2296	0.0038
Primera diferencia CUENTA_CAPITAL_Y_FINANCIERA	0.1796	
Segunda diferencia CUENTA_CAPITAL_Y_FINANCIERA	0	
REMESAS_TRABAJADORES	0.9155	0.7608
Primera diferencia REMESAS_TRABAJADORES	0.0256	0
BALANZA_COMERCIAL	0.0389	0.0485
INVERSIÓN_EXT_EN_COLOMBIA	0.5146	0
Primera diferencia INVERSIÓN_EXT_EN_COLOMBIA	0	

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

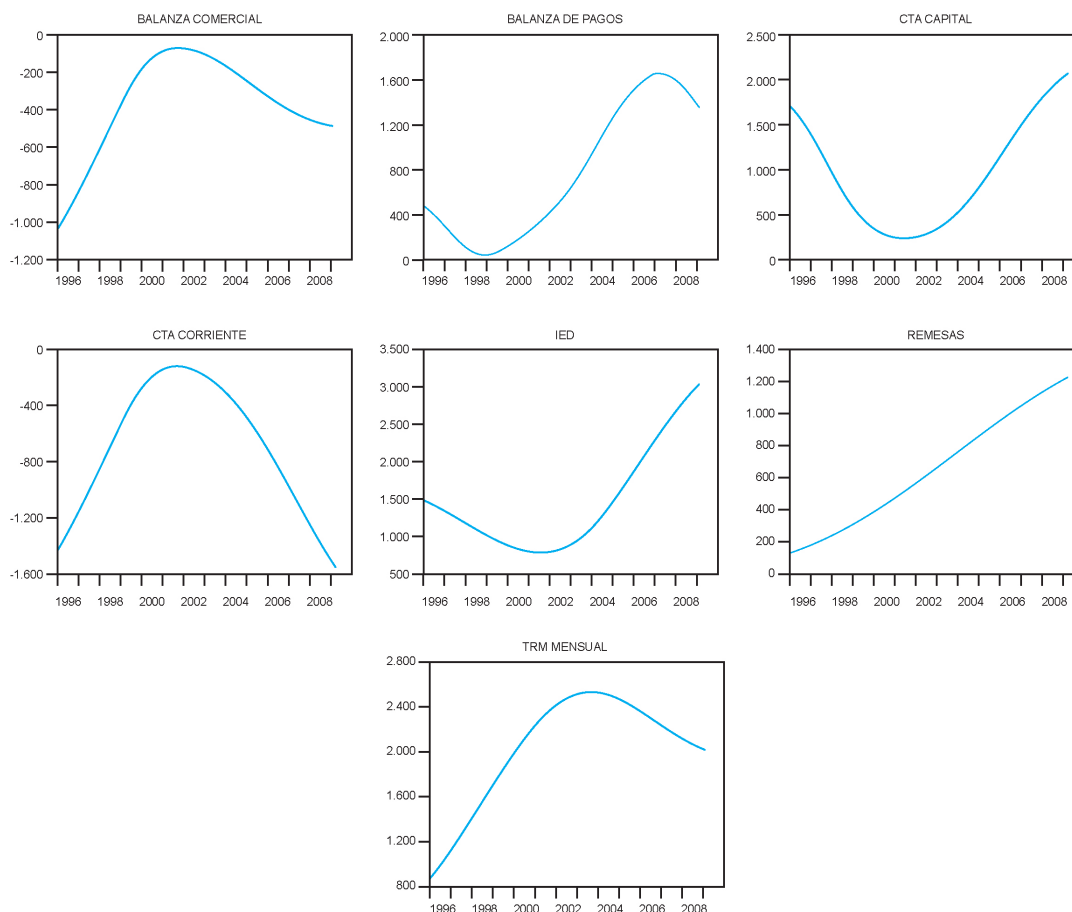
**Cuadro 5: Pruebas de cointegración entre la TRM y los componentes de la Balanza de Pagos**

Pruebas de cointegración respecto a la TRM	Número de relaciones cointegradas en el modelo		Tendencia de los datos y tipo de test
	Trace	Max-Eig	
Variables			
Cuenta Corriente	0	0	N.A.
Remesas de trabajadores	0	0	N.A.
Inversión extranjera directa	1	1	Lineal, con intercepto y tendencia
Inversión extranjera directa	1	1	Cuadrática con intercepto y tendencia

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR



**Figura 6: Tendencia de los componentes de la Balanza de Pagos**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

**Balanza de pagos:** En términos de tendencia se espera que a medida que la situación comercial se acerque a un estado de superávit o aumento de este superávit, se incremente la entrada neta de dólares a la economía colombiana, por concepto de comercio internacional, lo que provocaría un aumento en la oferta de dólares en el mercado de divisas y posterior reducción de la TRM. Sin embargo las probabilidades presentadas por las pruebas de raíz unitaria muestran que la Balanza de Pagos presenta orden de integración cero (ver cuadro 6), por lo que no podríamos hablar de cointegración entre estas dos variables, pues el orden de integración de la TRM es diferente, es decir que el comportamiento que ha presentado el tipo de cambio, definido como pesos por dólar, no se puede explicar por el comportamiento que ha tenido la Balanza de Pagos.

**Cuenta corriente**<sup>17</sup>: En la medida de que la cuenta corriente aumente, la entrada de dólares a la economía colombiana aumentará, lo que se traduce en un aumento de la oferta de dólares en el mercado de divisas, lo que finalmente podría llevar a una reducción de la TRM. Sin embargo, a pesar de que las probabilidades arrojadas por las pruebas ADF y PP sugieren que el orden de integración de la cuenta corriente es el mismo de la TRM (ver cuadro 4), se encuentra que las variables no presentan ningún tipo de relación de cointegración (ver cuadro 5), lo que se traduce en que la cuenta corriente por sí sola presenta insuficiencia para explicar el comportamiento tendencial de la TRM.

**Cuentas de capital y financiera**: Observando el comportamiento gráfico de las dos series (ver figura 6) encontramos que la TRM aumenta cuando las cuentas de capital y financiera caen, por lo que por lo menos en términos gráficos pareciera que las cuentas de capital y financiera en Colombia tiene un comportamiento bastante relacionado con el que ha venido presentando la TRM. Comportamiento consistente con la teoría de la oferta y la demanda, en la cual, en periodos de alto flujo de capitales en la economía doméstica, se genera una revaluación del peso. Sin embargo, observamos que según la prueba ADF<sup>18</sup> las cuentas de capital y financieras solo alcanzan estacionareidad en su segunda diferencia (ver cuadro 4), con lo que tenemos que el orden de integración de las cuentas de capital y financieras es 2, mientras que el de la TRM es 1, por lo que tenemos evidencia estadística para afirmar que no existe ninguna relación de cointegración entre la TRM y las cuentas de capital y financieras.

**Remesas**: Esta cuenta es importante debido al volumen de dólares que esta representa, (alcanza cifras superiores a las logradas por exportaciones de café o petróleo en Colombia), adicionalmente el incremento de las remesas entre el año 1998 y el año 2007 fue contundente, en parte debido a la ola migratoria que se observó en Colombia hacia el año 1996. Esto nos proporciona evidencia que podría llevarnos a pensar que el comportamiento decreciente del dólar podría ser causado por la cantidad de dólares que han llegado al mercado colombiano, por concepto de remesas (tal como ha sido planteado por algunos sectores de la opinión pública), sin embargo y a pesar de que la primera diferencia de las remesas si es estacionaria hasta a un 5% de significancia (ver cuadro 6) , es decir que la serie de las remesas es integrada de orden 1, las remesas no presentan ninguna relación de cointegración, razón por la cual podemos decir que el comportamiento tendencial de las remesas se evidencia insuficiente para explicar el comportamiento de largo plazo de la TRM.

**Exportaciones Netas**: Otra de las posibles fuentes que podrían estar afectando el comportamiento de largo plazo de la TRM es el aumento en las exportaciones netas

17 La cuenta corriente se define como Balanza comercial + Renta de los Factores + Transferencias corrientes, cuyo componente final tiene incluidas las remesas

18 ADF rechaza la estacionareidad, mientras que la P-P, pero se opta por el resultado arrojado por la prueba ADF, pues el criterio usado en este documento es optar por la prueba más exigente en cuanto a estacionareidad, que en este caso es la PP, ya que este criterio aumenta la probabilidad de obtener resultados más robustos

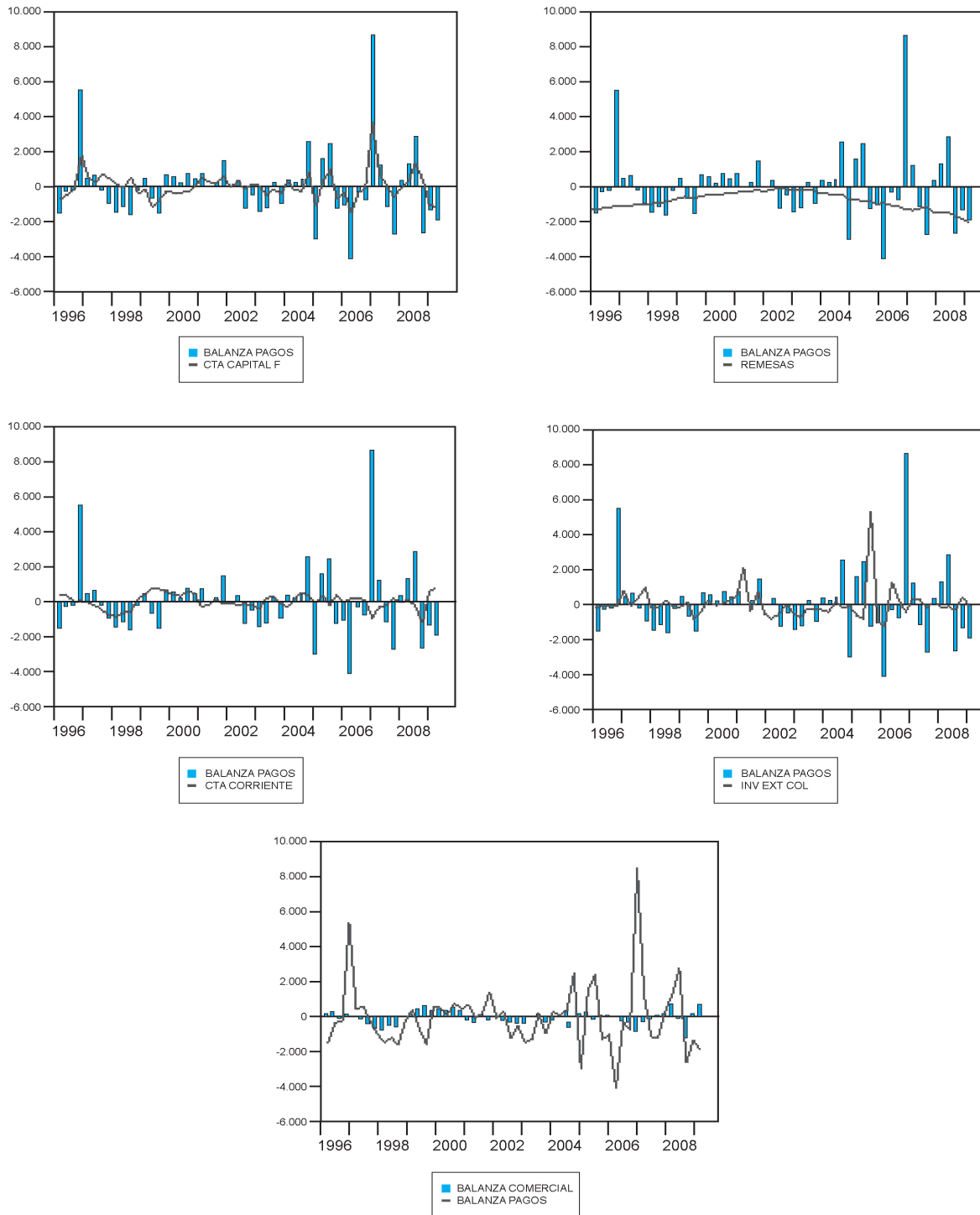
colombianas. En términos de tendencia se espera que a medida que las exportaciones netas aumentan, la entrada de dólares a la economía colombiana aumente, lo que provocaría un aumento en la oferta de dólares en el mercado de divisas, y finalmente una revaluación del peso, sin embargo encontramos que la exportaciones netas son integradas de orden cero (ver cuadro 6), razón por la cual podemos decir que no existe ninguna relación de cointegración entre la TRM y la balanza comercial.

**Inversión extranjera directa en Colombia:** Entre el 2005 y el 2006 la economía colombiana experimentó un gran salto en la inversión extranjera neta (ver figura 7) y una posterior tendencia al alza hasta los primeros cuatro meses del año 2009 (ver figura 6). Estos hechos podrían darnos razones para afirmar que la revaluación del peso podría ser causada por el ingreso de dólares por concepto del aumento en la inversión extranjera directa (IED). Con el fin de tener evidencia estadística que sustente esta hipótesis se realizaron las pruebas de raíz unitaria y cointegración, con lo cual encontramos que según la prueba ADF<sup>19</sup> el orden de integración de la inversión extranjera directa en Colombia es 1 (ver cuadro 6), adicionalmente se encuentran dos relaciones de cointegración, una para un modelo cuadrático y otro para uno lineal, ambos con intercepto y tendencia (ver cuadro 5).

Este resultado significa que la IED es el principal factor explicativo de la revaluación que ha presentado el peso en los últimos años. Esto podría explicarse porque desde el año 2002 la IED ha venido presentando una tendencia positiva (figura 6), lo cual significa una entrada neta de dólares a la economía colombiana, lo que naturalmente genera que estos dólares (una vez son monetizados) generen un exceso oferta de dólares y posterior tendencia revaluacionista del peso. Adicional a su tendencia, lo que hace importante el comportamiento de la IED es la magnitud de dólares que este componente ha traído a la economía colombiana. El volumen de flujos que la IED maneja es bastante alto (ver cuadro 6) y además los cambios presentan los mayores en términos de magnitud (ver figura 7).

19 Al igual que en el caso de las cuentas de capital y financieras, la prueba ADF rechaza la estacionariedad, mientras que la P-P no, así que por la misma razón que en el caso anterior, en este se pone el criterio de la prueba ADF sobre el criterio de la prueba P-P.

**Figura 7: Comparación en la magnitud de cambio de cada uno de los componentes de la Balanza de Pagos (componente cíclico)**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

**Cuadro 6: Valor promedio de los seis componentes de la Balanza de Pagos analizados (1996-2009)**

<b>PROMEDIO REMESAS_TRABAJADORES</b>	638.80
<b>PROMEDIO INVERSION_EXT</b>	<b>1448.67</b>
<b>PROMEDIO CUENTAS_CAPITAL_Y_FINANC</b>	954.53
<b>PROMEDIO CUENTA_CORRIENTE</b>	-690.27
<b>PROMEDIO BALANZA_PAGOS</b>	764.44
<b>PROMEDIO BALANZA_COMERCIAL</b>	-371.19

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

En conclusión tenemos que de todos los componentes analizados en la balanza de pagos, la inversión extranjera directa en Colombia ha sido el único componente que ha influenciado significativamente el comportamiento tendencial de la TRM, lo cual puede ser explicado porque es la cuenta con fluctuaciones de mayor magnitud y la que representa, en promedio, la segunda cifra más alta, después de la balanza de pagos (ver figura 7).

## **2.2. Análisis de Volatilidad (Corto plazo), Causalidad de Granger: Capacidad de predicción de los ciclos presentes en la TRM, determinantes de la TRM**

Existen diferentes variables que podrían ser los causales del comportamiento volátil que presenta la TRM, factores externos, factores domésticos y factores domésticos que aún no han sido contemplados en el análisis de los determinantes del tipo de cambio. Para analizar los factores externos se usa el índice ICE (Inter-Continental Exchange), el cual mide la cotización internacional del dólar americano, para analizar los factores domésticos se usaran los componentes de la balanza de pagos, y finalmente factores que describen el comportamiento de la Bolsa de Valores de Colombia (Factores que formalmente no han sido incluidos en análisis anteriores sobre los determinantes de la TRM). Respecto a este último, las variables que serán usadas son el IGBVC y el volumen de transacciones llevadas a cabo en la BVC para el periodo comprendido entre el 2001 y el 2009.

En esta subsección se plantean dos procedimientos econométricos por medio de los cuales se buscará llegar a responder dos preguntas, ¿Qué capacidad de predicción tienen las variables que intervienen en el análisis de la TRM? y ¿Cuál es el principal factor que interviene en el comportamiento cíclico de la TRM? La primera pregunta se responderá por medio de unas pruebas de causalidad de Granger<sup>20</sup>. La segunda pregunta se podrá responder por medio de una descomposición de varianzas, la cual nos permitirá entender

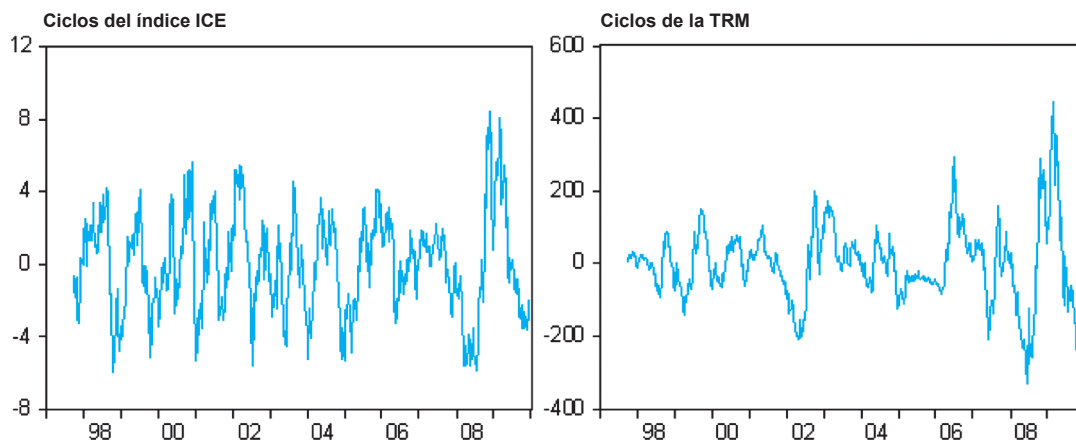
20 A diferencia de lo que su nombre señala, no hablan de causalidad en el estricto sentido de la palabra, sino que se refieren al poder de predicción que la variable pueda tener a la hora de predecir a la TRM, así como ver si esta relación se da en una vía o en doble vía

la evolución en el porcentaje de la varianza de los ciclos de la TRM que es explicado por cada una de las variables incluidas en el análisis.

### 2.2.1. Hipótesis 1:

En un principio se quiere saber si los factores exógenos que permiten hacer predicción sobre los ciclos de la TRM. Para esto se hará prueba de causalidad de Granger sobre el ciclo del índice ICE, donde un valor de probabilidad menor a 10% será suficiente evidencia para afirmar que la variable exógena (índice ICE) es un factor relevante a la hora de realizar predicciones sobre la TRM.

**Figura 8: Ciclos del ICE y de la TRM**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

Por medio de los datos del índice del dólar denominado ICE INDEX para el periodo comprendido entre 1997 y 2009, se quiere mostrar que el precio del dólar también ha mostrado una alta volatilidad en el mercado mundial, y que esta volatilidad podría explicar la volatilidad que presenta esta moneda en el mercado local colombiano. Para esto, a las series de la TRM e ICE\_INDEX se les aplicó un filtro Hodrick-Prescott, el cual permitió extraer el componente tendencial, y así poder analizar el componente cíclico, es decir las fluctuaciones de corto plazo de las variables a ser analizadas. La variable que captura el comportamiento internacional del dólar es el Intercontinental Exchange Index (ICE), un índice que mide el precio del dólar a partir de una canasta de monedas, cuya participación es relativa al nivel de importancia que esta tenga para la economía estadounidense<sup>21</sup>.

21 57.6% para el EURO, 13.6% para el YEN, 11.9% para la Libra, 9.1% para el DOLAR canadiense, 4.2% para la KRONA sueca y 3.6 para el FRANCO suizo, Bloomberg.

En la figura 8 se puede observar que el ICE-INDEX es altamente volátil, lo cual podría sugerir que la volatilidad de la TRM en Colombia puede ser producto de algún factor externo a nuestra economía. Con el fin de contrastar esta hipótesis se optó por realizar pruebas de causalidad de Granger entre el ciclo de la TRM y el ciclo del índice ICE, con lo que se encontró que los ciclos del índice ICE no causan, en el sentido de Granger, los ciclos de la TRM (ver cuadro 7), lo que significa que esta variable no es un buen factor de predicción de los ciclos de la TRM.

### Cuadro 7: Prueba de causalidad de Granger entre el ICE y la TRM

Lags: 10		
Hipótesis Nula: La variable no causa el comportamiento cíclico de la TRM		
Variable	Probability	Obs.
Índice ICE	0.9164	629

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

#### 2.2.2. Hipótesis 2:

También se quiere saber si los factores domésticos, que usualmente son usados en el análisis de la TRM, son factores que puedan ser usados con el fin de hacer predicciones sobre los ciclos de la TRM. Para esto serán usados los mismos componentes, de la Balanza de pagos usados en las pruebas de cointegración y se harán pruebas de causalidad de Granger sobre los ciclos de estas variables y los ciclos de la TRM.

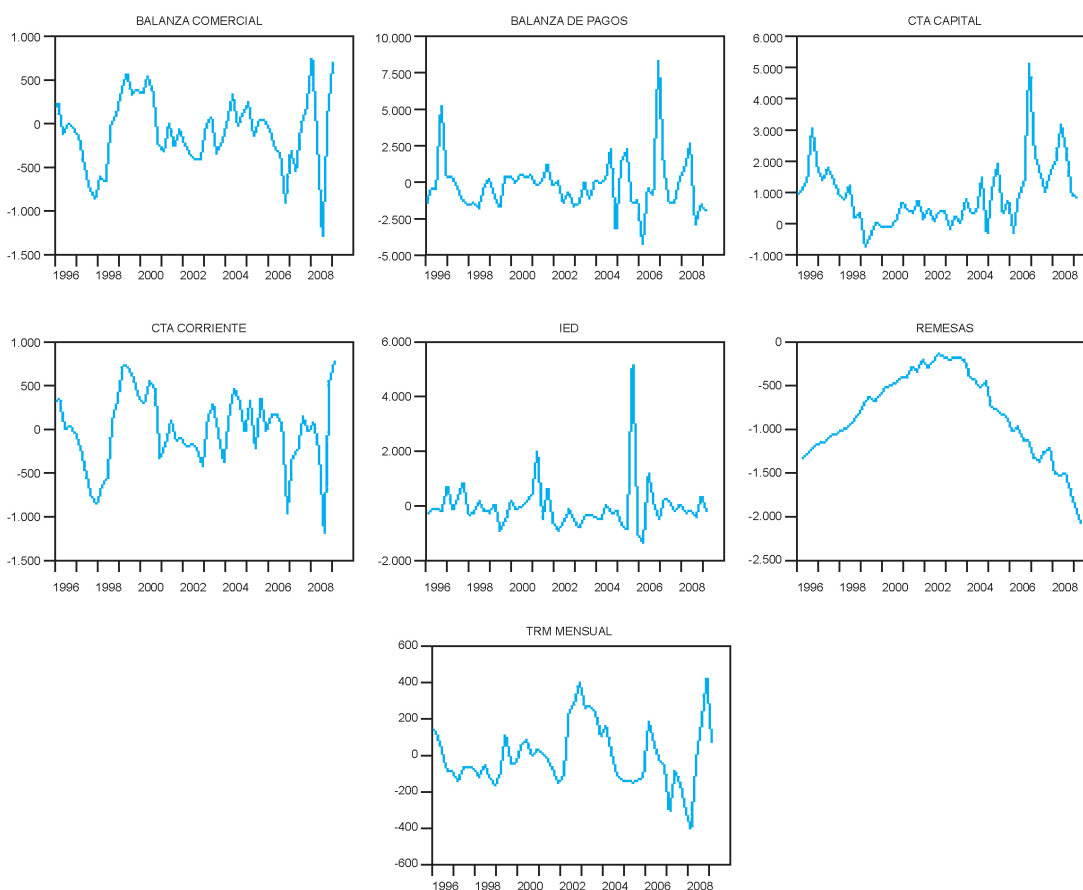
### Cuadro 8: Prueba de causalidad de Granger entre los componentes de la Balanza de Pagos y la TRM

Lags: 10		
Hipótesis Nula: La variable no causa el comportamiento cíclico de la TRM		
Variable	Probability	Obs.
Balanza de pagos	0.0888	44
Cuenta corriente	0.2358	44
Cuentas de capital y financiera	0.0156	44
Remesas de los trabajadores	0.3843	44
Inversión extranjera directa en Colombia	0.4009	44
Balanza comercial	0.4592	44

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

En el cuadro 8 podemos evidenciar que las variables que causan, en el sentido de Granger, la TRM son la balanza de pagos (al 10% de significancia) y las cuentas de capital y financiera (al 1% de significancia), lo que se traduce en que estas variables se constituyen en buenos factores de predicción de los ciclos de la TRM. Por otro lado, la cuenta corriente, las remesas, la balanza comercial y la inversión extranjera directa no causan, en el sentido de Granger, la volatilidad de la TRM, pues no alcanzan significancia estadística ni al 10%, lo que significa que estas últimas cuatro variables no parecen útiles a la hora de hacer predicciones acerca de los ciclos de la TRM.

**Figura 9: Ciclos de los componentes de la Balanza de Pagos**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

### 2.2.3. Hipótesis 3:

Una de las pretensiones de este documento es entender la forma en la que el comportamiento del mercado accionario influencia el comportamiento del mercado de divisas y como en esta interacción participan los flujos de dólares y niveles de liquidez de una economía. Para esto incluiremos al análisis el comportamiento de la BVC, pues tal como se mencionó antes, la poca profundidad del mercado accionario colombiano y



su débil apertura a mercados externos provoca que los agentes se vean imposibilitados a diversificar cómodamente sus portafolios, por lo que el dólar pasa a ser considerado como un activo de inversión sustituto de acciones en la Bolsa de Valores de Colombia. Es decir que los inversores optan por diversificar sus portafolios comprando dólares (o vendiendo según se perciba el comportamiento cíclico de esta inversión). Al parecer, y es esta la hipótesis que se quiere contrastar en este documento, estos movimientos de oferta y demanda son los que causan las fluctuaciones de la TRM.

El problema de tener mercados bursátiles pequeños o muy cerrados a mercados internacionales es que los inversionistas quedan con un rango muy reducido de alternativas a la hora de componer su portafolio de inversiones (TES, Acciones, y divisas), por tal razón el dólar pasa a ser una opción de inversión muy fuerte. Esto genera entradas y salidas masivas de dólares, en épocas de baja o alta expectativas sobre el precio de este y el creciente exceso de volatilidad de la divisa.

La relación existente entre el IGBV y la cotización del dólar se da cuando los agentes demandan más de un de los dos activo debido a un nivel de precios suficientemente bajo, o una tendencia creciente del precio de dicho activo. La velocidad a en la que se tranza en el mercado financiero es alta, por lo que las fluctuaciones que presenta el IGBVC se dan con una alta frecuencia y esta volatilidad se transmite a la TRM. Adicionalmente tenemos que la relación puede presentarse directamente sobre el volumen de transacciones realizadas en la bolsa y no sobre el precio de esta (IGBV), pues este precio presenta distorsiones, tales como los fundamentales empresariales y otros aspectos que no son causados por la interacción entre el mercado accionario y el de divisas.

La dinámica en la que se podría dar esta relación causal entre el número de transacciones llevadas a cabo y la cotización de la TRM es la siguiente: El dólar y las acciones disponibles en el mercado accionario colombiano son sustitutos perfectos, razón por la cual un aumento en la demanda de uno de los dos activos, dada una restricción de recursos presente en cada uno de los portafolios de inversión que poseen los agentes económicos, llevará a una reducción en la demanda del otro activo. Si por ejemplo, los inversionistas deciden invertir más en la Bolsa que en dólares debido a un cotización elevada de la TRM, dado un portafolio de inversiones, deberán vender algunos dólares para poder adquirir más acciones en la Bolsa, si este mismo comportamiento se da a nivel agregado tendremos que una gran cantidad de dólares serán liberados en el mercado con lo que el precio de este caerá, lo que finalmente se verá reflejado en una caída en la cotización de la TRM. Debido a que las transacciones que se realizan en la bolsa se repiten con una frecuencia bastante alta, la interacción entre estas dos variables provoca un comportamiento cíclico bastante volátil de la TRM.

En el cuadro 9 encontramos que los ciclos del IGBVC no contribuyen a la hora de hacer predicciones sobre los ciclos de la TRM (No rechazo la hipótesis nula). Sin embargo, el volumen de transacciones realizadas en la Bolsa en una semana causa, en el sentido de

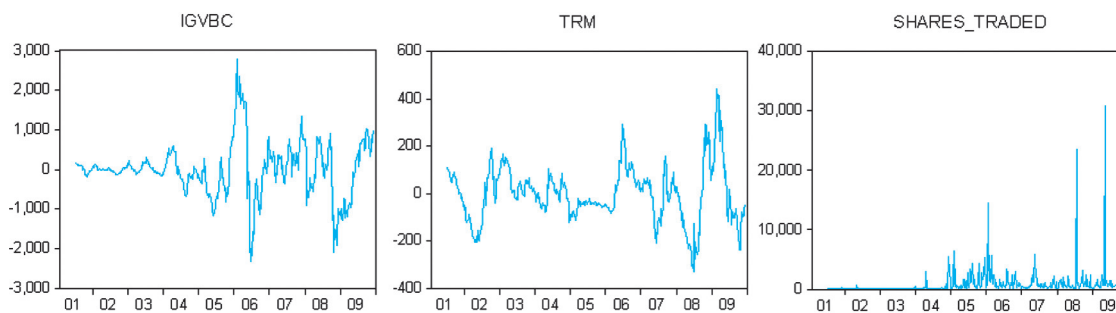
Granger, el comportamiento cíclico de la TRM (ver tabla 12), por lo que podemos afirmar que el volumen de transacciones se constituye en un factor relevante a la hora de hacer predicciones sobre los ciclos de la TRM. Este resultado tiene sentido si pensamos en el hecho de que la variable shares traded capturar el proceso de sustitución entre divisas y acciones, pues esta variable está expresada en cantidades, lo cual aísla cualquier distorsión que pueda contener el precio de las acciones.

**Cuadro 9: Prueba de causalidad de Granger para el IGBVC, los recursos transados en una semana en la BVC y la TRM**

Lags: 10		
Hipótesis Nula: La variable no causa el comportamiento cíclico de la TRM		
Variable	Probability	Obs.
Ciclo del IGBVC	0.4691	431
Ciclo del volumen de transacciones realizadas en la Bolsa, en una semana	0.0084	431

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

**Figura 10: Ciclos del IGBVC, recursos transados semanalmente en la BVC y ciclos de la TRM**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

### 2.3. Descomposición de varianzas: Factores que determinan los ciclos de la TRM

Por medio de la descomposición de varianzas será posible llegar a saber que variables son más significativas a la hora de determinar el comportamiento cíclico de la TRM. La idea básica es encontrar cuál es la variable que representa un mayor porcentaje en la varianza de la TRM y cuál es el comportamiento de este porcentaje en el tiempo. Para esto se realizará descomposición de varianzas para cada una de las variables incluidas en el análisis de las pruebas de Granger, conservando el marco de análisis en el que se plantean tres hipótesis.

**2.3.1. Hipótesis 1:**

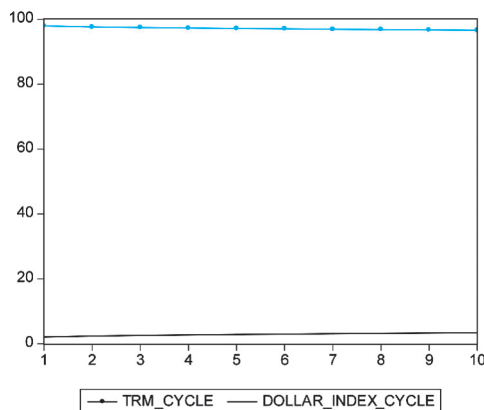
Se quiere saber si factores exógenos, capturados por el índice ICE, se constituyen como un factor explicativo del comportamiento cíclico de la TRM. Después de hacer la descomposición de varianzas encontramos que el porcentaje de varianza que representa el índice ICE no supera el 3.2% (ver cuadro 10), y en general parece que esta tendencia no parece cambiar significativamente en el tiempo (ver figura 11), por lo cual tenemos evidencia para afirmar que el comportamiento cíclico de la TRM no puede ser explicado satisfactoriamente por el comportamiento cíclico del índice ICE.

**Cuadro 10: Descomposición de varianzas para la TRM y el ICE**

T	S.E.	Ciclo de la TRM	Ciclo de la cotización ICE
1	32.23	97.94441	2.055591
2	44	97.65044	2.34956
3	52.43	97.4619	2.5381
4	59.04	97.30479	2.695211
5	64.46	97.16353	2.836468
6	69	97.03292	2.967076
7	72.88	96.91075	3.089252
8	76.23	96.79588	3.204118
9	79.14	96.68767	3.312327
10	81.7	96.58569	3.414312
Promedio		97.153798	2.8462015

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

**Figura 11: Descomposición de varianzas para la TRM y el ICE**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

### 2.3.2. Hipótesis 2:

Puede que los ciclos que presentan la TRM sean influenciados por la volatilidad que algunas de los componentes de la Balanza de Pagos presentan. Para saber si los ciclos de los componentes de la Balanza de Pagos determinan los ciclos de la TRM se verá qué proporción de la varianza de los ciclos de la TRM le pertenece a la varianza de los ciclos de cada uno de los componentes, analizados, de la Balanza de Pagos.

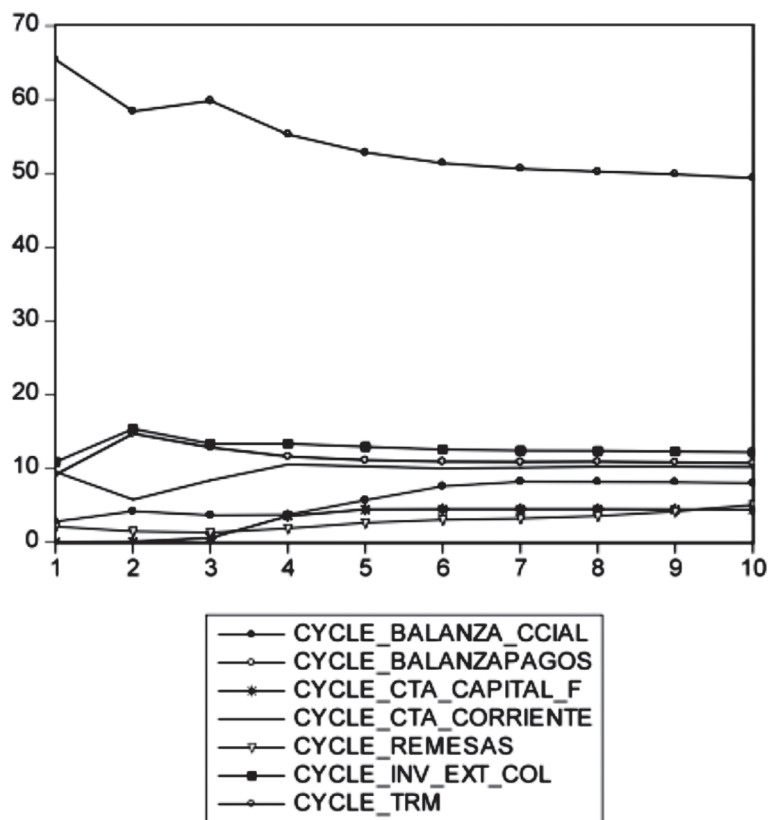
Por medio del análisis de descomposición de varianzas se encuentra que la variable que representa el mayor porcentaje en la varianza de los ciclos de la TRM es la IED, seguida por la Balanza de Pagos y la cuenta corriente (ver figura 12). Lo que se traduce en que de los componentes de la balanza de pagos, la IED es el principal factor a la hora de explicar los ciclos de la TRM.

**Cuadro 11: Descomposición de varianzas para la TRM y los componentes de la Balanza de Pagos**

T	S.E.	Ciclo de la Balanza Comercial	Ciclo de la Balanza de pagos	Ciclo de las Cuentas de capital y financieras	Ciclo de la Cuenta corriente	Ciclo de las Remesas	Ciclo de la Inversión extranjera directa	Ciclo de la TRM
1	371.36	2.814984	9.179896	0.056985	9.5506	2.136213	10.89497	65.36635
2	441.9	4.225581	14.73027	0.074769	5.768019	1.473041	15.35171	58.37661
3	472.99	3.675876	12.84966	0.590017	8.393139	1.307672	13.35696	59.82667
4	487.07	3.749747	11.63209	3.563331	10.55755	1.899432	13.34362	55.25423
5	488.4	5.711035	11.13712	4.456212	10.28171	2.647594	12.95337	52.81297
6	489.26	7.582133	10.94251	4.496284	10.01563	3.039889	12.56041	51.36315
7	489.89	8.211427	10.91318	4.474119	10.12341	3.236454	12.42336	50.61804
8	490.2	8.185918	10.91928	4.475642	10.24011	3.576086	12.38851	50.21445
9	490.35	8.125928	10.83685	4.445527	10.25132	4.188107	12.29837	49.8539
10	490.51	8.043904	10.73369	4.420623	10.17635	5.081759	12.19668	49.34699
Promedio		6.0326533	11.3874546	3.1053509	9.5357838	2.8586247	12.776796	54.303336

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

**Figura12: Descomposición de varianzas para la TRM y los componentes de la Balanza de Pagos**



Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

### 2.3.3. Hipótesis 3:

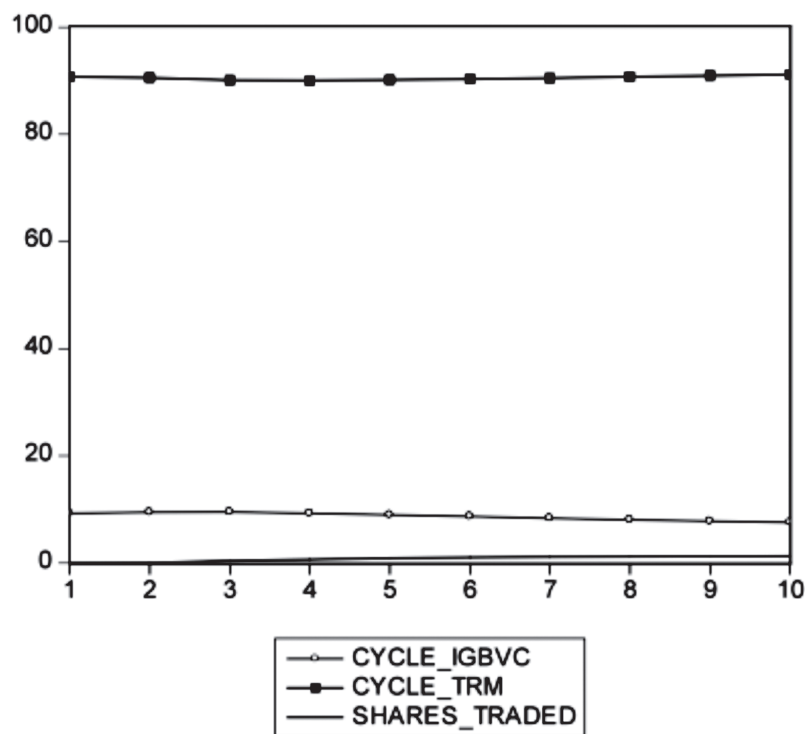
Dentro de la formulación de política económica y cambiaria no se suele tener en cuenta el impacto que el comportamiento de la BVC tiene sobre la cotización del dólar. Por tal razón se quiere saber si el comportamiento de la BVC (IGBV y volumen de transacciones semanales) es suficiente para explicar el comportamiento cíclico de la TRM. Para esto se efectuó una descomposición de varianzas del ciclo de la TRM en la varianza del ciclo del IGBV y del volumen de transacciones realizadas en la BVC.

Lo que se encuentra es que, de las variables que reflejan el comportamiento de la BVC, el factor que representa la mayor parte de la varianza de los ciclos de la TRM es el IGBV (ver figura 13). Sin embargo encontramos que, en promedio, el porcentaje de varianza que este representa es 8.69% (ver cuadro 12), mayor al que representan factores como la Balanza Comercial, las cuentas de capital y financieras y las remesas, y muy cercano a la participación, en la varianza de la TRM, de la cuenta corriente, la Balanza de Pagos y la IED (ver cuadro 11). Esto quiere decir que uno de los factores que más contribuye en el comportamiento cíclico de la TRM es el comportamiento cíclico del IGBV.

**Cuadro 12: Descomposición de varianzas para la TRM, el IGBVC y la cantidad de recursos transados semanalmente en la BVC**

T	S.E.	Ciclo del IGBVC	Ciclo de la TRM	Shares traded
1	242.8	9.275312	90.72469	0
2	331.1	9.455267	90.5401	0.00463
3	393.3	9.494283	90.09077	0.414951
4	439.6	9.263413	90.07018	0.666406
5	476	8.976043	90.14498	0.878974
6	505.4	8.667734	90.31037	1.021892
7	529.6	8.363369	90.51282	1.123813
8	549.7	8.072226	90.7319	1.195875
9	566.7	7.799012	90.95303	1.247957
10	581.2	7.545497	91.16855	1.28595
Promedio		8.6912156	90.524739	0.7840448

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

**Figura 13: Descomposición de varianzas para la TRM, el IGBVC y la cantidad de recursos transados semanalmente en la BVC**

Fuente: Bloomberg, Cálculos: SDDE-DESR

## CAPÍTULO III

### 3. FRACTALES Y EL COMPORTAMIENTO CAÓTICO DE LOS MERCADOS FINANCIEROS

#### 3.1. Fractales y finanzas<sup>22</sup>

*“No hay acto que no tenga consecuencias para otros. Un dogma de la teoría del caos es que, en los sistemas dinámicos, el resultado de cualquier proceso es sensible a su punto de partida (o, de acuerdo con el famoso cliché, el aleteo de una mariposa en el Amazonas puede causar un tornado en Texas). No digo que los mercados sean caóticos, aunque mi geometría fractal es una herramienta matemática primaria para estudiar el caos. Pero está claro que la economía global es una máquina inconcebiblemente complicada. A toda la complejidad del mundo físico de la meteorología, las cosechas, la minería y las factorías, hay que sumar la complejidad psicológica de las actuaciones personales basadas en expectativas ilusorias de lo que puede o no ocurrir, y que no son más que meros fantasmas [...] Cada mercado puede tener una tonalidad distinta, una mezcla diferente de ambas formas con la que la teoría de los fractales puede ayudar a explicar los rasgos salvajes de los mercados”<sup>23</sup>*

En este capítulo se aborda el trabajo de Mandelbrot, padre de la geometría fractal<sup>24</sup> y particularmente su aplicación para la comprensión del comportamiento caótico del mercado financiero. Adicionalmente, se construye un modelo teórico, (basado en el trabajo de Lux<sup>25</sup>), que busca abordar los componentes especulativos y evolución del precio de las acciones, a partir del comportamiento social de los agentes que intervienen en el mercado.

Como en otras ciencias, en economía se tiende a subestimar trabajos que se desvíen del conocimiento convencional. Tal como se señaló en el capítulo 1, para el año 2006 era impensable un cambio profundo en materia de regulación financiera. Para ese entonces los índices de acciones exhibían fluctuaciones normales acompañados de un aumento en la valoración de las bolsas a nivel mundial, y un mercado inmobiliario que no podía

22 Para un desarrollo teórico se puede consultar: Mandelbrot Benoi y Hudson Richard. Fractales y finanzas: una aproximación matemática a los mercados: arriesgar, perder y ganar. Editorial Tusquets, Barcelona 2006 y Bateman Alfredo, Ferrari Cesar y Giraldo Fabio. Hábitat y el desafío de las microfinanzas, UN-Habitat, Bogotá 2008; particularmente le capítulo VII: microfinanzas, finanzas, vivienda y crisis.

23 2006, Fractales y finanzas, Mandelbrot y Hudson, Pg. 196

24 Un fractal es un patrón o forma cuyas partes evocan el todo, es un objeto geométrico cuya estructura básica se repite a diferentes escalas. El término fue propuesto por Mandelbrot en 1975 y deriva del Latín fractum, que significa quebrado o fracturado. Es como sostiene el propio Mandelbrot, una forma geométrica que puede fracturarse en partes menores, cada una de las cuales evoca la totalidad a menor escala.

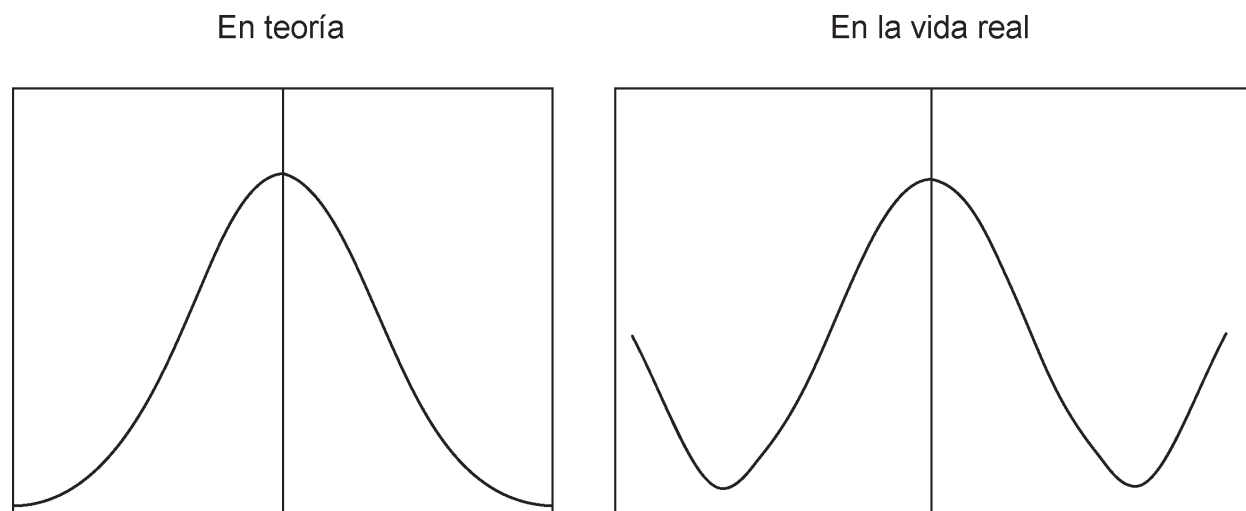
25 LUX, T. The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, University of Bamberg, Germany, 1998

tener mejores perspectivas de inversión. En ese escenario era difícil pensar que los argumentos que usaban autores como Paul Krugman y Robert Shiller para advertir de una posible crisis, fueran factibles.

La teoría económica convencional asume que el comportamiento de los mercados de capitales, se ajustan a una pauta limitada y sus precios subirán o bajarán con la misma frecuencia, asumiendo que los grandes cambios son extremadamente raros por lo que sí se organizan todos los movimientos en un histograma, las columnas formarían una campana de Gauss, donde las fluctuaciones numerosas y pequeñas se agruparán en el centro y las grandes y extrañas en los extremos. Adicionalmente asumen que los cambios de precios son estadísticamente independientes, siguen un paseo aleatorio y además asumen que los mercados son eficientes<sup>26</sup>.

A esto Mandelbrot señala que el comportamiento que sigue el precio de las acciones no sigue una distribución Gaussiana, sino que en realidad lo que nos dice la evidencia empírica es que estos hechos “atípicos” son más comunes de lo que predicen los modelos tradicionales, es decir, que las colas que en la distribución gaussiana convergen a cero, en realidad en los extremos acumulan probabilidad (ver figura 14).

**Figura 14: Diferencias entre una distribución de probabilidad Gaussiana y una distribución coherente con el comportamiento real de los mercados financieros**



Elaboración: Propia, Fuente: SDDE-DESR

Las implicaciones que existen sobre tener una distribución mal especificada son graves en términos de inferencia estadística y en términos de análisis de riesgo. Asumir una

26 Los principales supuestos son: i) la gente es racional y su única meta es enriquecerse; ii) todos los inversores son iguales; iii) el cambio de los precios es prácticamente continuo y iv) los cambios en precios siguen un movimiento browniano.



distribución de probabilidad que no concuerda con la realidad genera invalidez en las herramientas financieras (que adoptan dicho supuesto) con las que se analizan los riesgos de los portafolios de inversión.

Adicional al problema de modelos mal especificados desde sus mismos fundamentos, tenemos que en el contexto colombiano y para el análisis que aquí nos ocupa, Ferrari y Amalfi<sup>27</sup> señalan que un problema adicional en el intento por predecir el precio de ciertos activos financieros es que se tiende a tener en cuenta variables que, si bien son significativas para este análisis el análisis, no son los únicos determinantes. Los autores muestran que el precio de las acciones en el mercado accionario Colombiano no se debe a los fundamentales empresariales, como lo asumen modelos financieros bien conocidos como el CAPM, sino que en su gran mayoría se explican por componentes ajenos a estos. Componentes especulativos y/o fuentes de demandas no identificadas.

*"Se concluye que los fuertes incrementos en los precios de las acciones ocurridos en el 2005 en la bolsa Colombiana no se explican satisfactoriamente por los fundamentos de valoración empresariales. Básicamente hay evidencia de Burbujas racionales en el mercado Colombiano de renta variable cuando existen fuertes expectativas de revaluación del peso o políticas monetaria expansivas"*<sup>28</sup>

Con estos dos aspectos tenemos suficiente evidencia para plantear que el modelo CAMP (Capital Assets Pricing Model) no es suficiente para explicar los movimientos en los precios de la bolsa, básicamente, porque asume la existencia de un mercado eficiente, con posibilidades de diversificación, donde todos los inversionistas son racionales y adversos al riesgo, es decir, supone mercados de capital perfectos, cuando lo que la historia y los datos nos muestran es que es difícil encontrarse con un mercado que no tenga algún tipo de asimetría, por lo que modelos que usen este tipo de supuestos tenderán a ser inválidos.

Teniendo en cuenta un análisis de mercados menos generalizado, y teniendo en cuenta que hay relaciones que pueden generar distorsiones en el precio de ciertos activos, podríamos identificar de manera prematura la existencia de burbujas en mercados financieros y así poder reducir los impactos de la explosión de estas. De hecho, esta herramienta sería valiosa para los hacedores de política económica, quienes ante la sospecha de la existencia de movimientos especulativos podrían actuar inclusive antes de que la burbuja sea difícil de controlar. Por lo que el análisis del mercado a partir de una perspectiva más amplia que la ofrecida por modelos ortodoxos como el CAMP podría dar espacio a políticas de regulación más efectivas y oportunas.

27 2007, Fundamentales Empresariales y Económicos en la valoración de Acciones, Cesar Ferrari, Alex Amalfi González

28 2006, Fractales y finanzas, Mandelbrot y Hudson, Pg. 12

Al respecto Mandelbrot plantea que parte de lo que ha imposibilitado el tener una mejor comprensión del mercado financiero es el desconocimiento de diez aspectos básicos, los cuales Mandelbrot denomina las diez herejías<sup>29</sup>, que en realidad son realidades que se podrían observar en el mercado financiero. Herejías porque son diez aspectos que la ortodoxia económica no ha estado dispuesta a aceptar, pero que cualquier persona con sentido común podría ratificar.

1. *“Los mercados son turbulentos: Existe una dependencia de largo plazo. Hay turbulencia en la variación desbocada que rebasa con creces los límites normales predichos por la campana de Gauss.*
2. *Los mercados son más arriesgados de lo que la teoría estándar pretende: la economía convencional asume que el sistema financiero es una maquina lineal, continua y racional. Por medio de estos análisis, sin tener en cuenta los errores en los datos, generan una subvaloración del riesgo, lo que nos lleva a que la prima de riesgo, medida como un componente de la desviación estándar de los precios y precepciones de riesgo hechas por medio de encuesta a los inversionistas, de la que hablan los financistas es mucho mayor de lo que creen.*
3. *El ritmo mercantil importa. Las grandes ganancias y pérdidas se concentran en pequeños lapsos de tiempo: en los mercados financieros la volatilidad también se concentra. Los datos lo demuestran. De 1986 a 2003, el dólar muestra un largo y agitado descenso con relación al yen japonés. Pero casi la mitad de ese declive tuvo lugar en solo 10 de los 4695 días hábiles.*
4. *Los precios a menudo saltan, no se deslizan; y esto se suma al riesgo: los precios de los títulos financieros ciertamente saltan y caen. De hecho, sostengo que la capacidad de saltar es la principal diferencia conceptual entre la economía y la física clásica.*
5. *En los mercados, el tiempo es flexible: estadísticamente hablando, los riesgos de un día son muy semejantes a los de una semana o un mes.*
6. *Los mercados funcionan igual en todas partes y épocas: estudios sobre el precio del algodón hallan el mismo grado de agitación a lo largo de más de un siglo de registros de precios. Con lo que el proceso que genera los precios de algodón americano solo ha cambiado de escala más no de naturaleza.*
7. *Los mercados son inherentemente inciertos y las burbujas son inevitables: la mayoría de los precios que tiene un activo no dependen de su valor intrínseco, sino de la valoración que se le esté dando a futuro. Con lo que los precios de las acciones no dependen de los fundamentales empresariales en sí, sino de las expectativas sobre su precio futuro.*
8. *Los mercados son engañosos*
9. *Predecir precios puede ser peligroso, pero es posible estimar la posible volatilidad futura.*
10. *En los mercados financieros, la idea de valor tienen un valor limitado: por la misma razón enunciada en el numeral 7. "*

El mensaje de Mandelbrot es de enorme utilidad práctica en la actual coyuntura caracterizada por una profunda crisis, la cual ha mostrado que en realidad los mercados de capitales son turbulentos, escabrosos e irregulares, además de propensos a crear burbujas especulativas. En el comportamiento de los mercados financieros y de capitales se observan todos los días tendencias perturbadoras, tendencias que la ortodoxia económica prefiere descartar tratándolas como datos atípicos. Krugman y otros teóricos señalan que la presencia de componentes especulativos, junto a la falta de regulación en el mercado de capitales, es lo que desencadena crisis financiera, por lo que identificar la presencia de componentes especulativos es un primer paso en la búsqueda de regular adecuadamente el sistema financiero y entender el comportamiento de algunos activos volátiles como los financieros o las divisas.

A continuación se presenta un marco teórico con el que se pretende abordar el comportamiento caótico de los mercados financieros y de divisas, mediante el análisis del comportamiento social de los agentes, y el análisis de cómo este comportamiento social es capaz de explicar la relación existente entre la tasa de cambio y el IGBV. Adicionalmente se adoptan una serie de formas funcionales, usadas en el modelo de Lux<sup>30</sup>, mediante las cuales se pretende generar fluctuaciones abruptas en las variables de interés, para de esta forma simular el comportamiento en el tiempo de variables de interés como el volumen de transacciones en la Bolsa, el IGBV o la TRM. Es así como, por medio del siguiente modelo, se presenta una propuesta que nos permite dilucidar algunos aspectos de la relación caótica en el comportamiento de la tasa de cambio y su relación con el mercado accionario.

### **3.2. Modelo teórico, interacción social y mercados especulativos**

Este modelo fue basado en el trabajo realizado por Lux<sup>31</sup>, quien contribuyó a la comprensión del comportamiento del mercado financiero a partir de la valoración del comportamiento social de los agentes.

A diferencia del modelo desarrollado por Lux, en este modelo no se habla del flujo de inversionistas en el mercado accionario, sino que se habla del flujo de recursos que hay disponibles en los dos mercados (el accionario y de divisas), la forma en que estos recursos son asignados a ambos tipos de activos, y la forma en que este flujo de activos determina la percepción de los agentes respecto al mercado accionario, el precio de las acciones y por consiguiente, la cotización del dólar<sup>32</sup>.

30 LUX, T. The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, University of Bamberg, Germany, 1998

31 LUX, T. The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, University of Bamberg, Germany, 1998

32 Dado que lo planteado en este modelo es que las fluctuaciones del IGBV se transmitan a la TRM, debido a la interacción que existe entre la demanda de divisas y de acciones.

Adicionalmente en este modelo, a diferencia del planteado por Lux, se configura el índice de confianza como  $x$  la proporción de recursos invertidos en la bolsa respecto a los recursos no especulativos, donde un índice de confianza igual a uno implica que todos los recursos no especulativos están invertidos en la Bolsa, lo que el mercado traduce como una buena señal acerca del mercado accionario. También se plantea la varianza del IGBV como un componente adicional en la probabilidad de que los recursos usados para especular sean usados para participar técnicamente en el mercado (y viceversa). Este componente se refiere al incentivo que genera para los especuladores el cambiar la forma en que usan sus recursos. Cuando la varianza del IGBV es suficientemente alta se hace más rentable participar en la Bolsa de forma técnica.

Se tienen en consideración dos tipos de inversionistas: los especuladores (osos) y los técnicos (toros). Los toros toman decisiones en base al comportamiento de sus competidores, así como del comportamiento de los precios. Además de esto, los toros suelen usar herramientas técnicas con el fin de poder predecir el comportamiento futuro del precio de cierto activo. Dentro del grupo de toros hay dos subgrupos, los pesimistas y los optimistas, en donde los optimistas esperan que el mercado siga un comportamiento alcista, mientras que los pesimistas esperan que el mercado siga un comportamiento a la baja. Entre estos dos subgrupos se da cierto tipo de contagio como resultado de la publicación de análisis técnicos, que los hace cambiar su percepción del mercado.

Los osos, por su parte, no suelen hacer predicciones de precios en el largo plazo, pues en general toman sus decisiones en base a la información presente y la información futura de corto y mediano plazo, es decir que toman sus decisiones de inversión en base a una regla simple: sí el precio esta alto venden y si es bajo compran. Este comportamiento les asegura nunca tener beneficios negativos, y además hace que el resultado de sus operaciones se vea inmediatamente.

Ambos tipos de agentes poseen una cantidad de recursos disponibles para ser invertidos en dos tipos de activos, divisas y acciones en la Bolsa de Valores. Básicamente los agentes deciden que tanto invertir en cierto activo en base a una comparación de los beneficios esperados bajo las tres estrategias enunciadas (osos, toros optimistas y pesimistas).

Existe una cantidad fija de recursos en la economía  $N$ , de los cuales una proporción es propiedad de agentes cuya estrategia es especulativa  $n_o(t)$ , y la otra proporción se invierte en base a análisis técnico  $n_T(t)$ . A su vez, los recursos propiedad de los técnicos (toros) puede ser invertida dependiendo de sí es un toro optimista  $n_+$  o pesimista  $n_-$ , lo cual dependerá de la percepción que se tenga del mercado accionario.

De esta forma, tenemos que las siguientes identidades representan los principales rasgos de estos mercados, donde  $z$  es la proporción de inversión usada por los inversionistas

toros, y  $x$  es un índice que mide la percepción que los toros tienen del mercado accionario, donde 1 indica completa confianza en el mercado accionario, por parte de los inversionistas que no son especuladores.

$$n_T(t) = n_+(t) + n_-(t) \quad [1]$$

$$z = \frac{n_T(t)}{N} \quad [2]$$

$$x = \frac{n_+}{n_T}, \quad x \in [0,1] \quad [3]$$

La dinámica del mercado especulativo será descrita por cambios en el tiempo del índice de confianza  $x$ , así como por la evolución del precio de las acciones *IGBV* y por consiguiente de la divisa *TRM*. El precio de las acciones y el índice  $x$  hacen que los toros cambien su percepción del mercado y por ende cambien el destino de los recursos invertidos en la bolsa  $n_+$  y los recursos invertidos en divisas  $n_-$ . Uno de los componentes innovadores en el trabajo desarrollado por Lux es la incorporación de probabilidades en un modelo de elección. Para este modelo tenemos que existe una probabilidad asociada a que un toro pase sus recursos al mercado de divisas  $p_{\mp}$  y una probabilidad de que este pase sus recursos al mercado accionario  $p_{\pm}$ . El efecto neto (flujo neto entre el mercado de divisas y el mercado accionario) de esta interacción puede ser descrito por la expresión [4] (Propuesta en el trabajo de Lux<sup>33</sup>)

$$\frac{dn_+}{dt} = n_- p_{\pm} - n_+ p_{\mp} \quad [4]$$

A su vez, los osos también pueden cambiar su percepción acerca del mercado accionario, lo que podría llevarlos a invertir sus recursos en la Bolsa pero no para especulación, es decir que existe la probabilidad de que los recursos invertidos en divisas usados para especulación sean transferidos al mercado accionario pero no como una estrategia de especulación  $p_{+o}$ , así como existe la probabilidad de que los recursos invertidos en el mercado accionario como estrategia de especulación sean transferidos al mercado de divisas y a su vez se conviertan en recursos destinados a especular  $p_{o+}$ .

La dinámica que sigue el flujo de recursos entre ambos mercados puede definirse como una interacción en la que tanto toros como osos pueden identificar en que mercado está entrando la mayor cantidad de recursos y comparan los rendimientos que obtendrían con otro tipo de estrategias de inversión y dependiendo de estos dos factores relocalizan sus recursos invertidos.

33 LUX, T. The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, University of Bamberg, Germany, 1998

Formalmente se podría decir que el factor  $n_o \left(\frac{n_+}{N}\right) p_{+o}$  será el determinante de que los recursos especulativos  $n_o$  sean invertidos en el mercado accionario, donde  $\left(\frac{n_+}{N}\right)$  es la proporción de recursos totales invertidos en el mercado accionario (para los osos es una buena señal de inversión en la Bolsa de Valores, porque implica que el mercado es confiable), y  $p_{+o}$  es la probabilidad de que el inversor oso pase sus recursos a inversiones en la bolsa (cambie de estrategia). De la misma forma, el determinante que influye en que los recursos invertidos en la bolsa  $n_+$  pasen a ser invertidos en divisas es  $n_+ \left(\frac{n_o}{N}\right) p_{o+}$ , donde  $\left(\frac{n_o}{N}\right)$  es la proporción de recursos usados para especulación, y  $p_{o+}$  es la probabilidad de que un inversor toro vuelva sus recursos invertidos en la bolsa, en recursos especulativos.

Es importante anotar que los recursos invertidos en la Bolsa de Valores solo pueden volverse recursos especulativos o inversión en divisas, pero no ambos al mismo tiempo. Para asegurar esto se asume que el flujo neto entre el mercado de divisas y el mercado accionario por contagio de opinión acerca del mercado accionario solo puede darse entre la proporción de agentes que no especulan, es decir, que el contagio solo afecta a la fracción  $\left(1 - \frac{n_o}{N}\right)$  de recursos, con lo que llegamos a la ecuación [5]:

$$\frac{dn_+}{dt} = (n_- p_{\pm} - n_+ p_{\mp}) \left(1 - \frac{n_o}{N}\right) + \left[ n_o \left(\frac{n_+}{N}\right) p_{+o} - n_+ \left(\frac{n_o}{N}\right) p_{o+} \right] \quad [5]$$

Así, la evolución del número de optimistas en el mercado es la suma de los siguientes efectos:

$$\frac{dn_+}{dt} = \text{Contagio de opinión} + \text{Cambio entre estrategias}$$

Al igual que la dinámica del flujo de recursos que pasan por el mercado accionario, tenemos que el flujo de recursos que pasan por el mercado de divisas es:

$$\frac{dn_-}{dt} = (n_+ p_{\mp} - n_- p_{\pm}) \left(1 - \frac{n_o}{N}\right) + \left[ n_o \left(\frac{n_-}{N}\right) p_{-o} - n_- \left(\frac{n_o}{N}\right) p_{o-} \right] \quad [6]$$

Donde  $p_{-o}$  es la probabilidad de que los recursos especulativos pasen a ser invertidos en divisas y  $p_{o-}$  es la probabilidad de que los recursos invertidos en divisas pasen a ser recursos especulativos. De esta forma tenemos que la evolución de los recursos no especulativos, (recursos diferentes a formula  $n_o$ ), está determinada por la ecuación [3]

$$\left(\frac{dn_T}{dt} = \frac{dn_+}{dt} + \frac{dn_-}{dt}\right)$$

$$\frac{dn_T}{dt} = n_o \left(\frac{n_+}{N}\right) p_{+o} - n_+ \left(\frac{n_o}{N}\right) p_{o+} + n_o \left(\frac{n_-}{N}\right) p_{-o} - n_- \left(\frac{n_o}{N}\right) p_{o-} \quad [7]$$



La dinámica será analizada a partir de los cocientes  $z$  y  $x$  debido a que mediante estos el sistema de ecuaciones se reduce el sistema a uno de dos ecuaciones. Para esto se toman las ecuaciones [2], [3] y [4]. Adicionalmente, y tal como se hace en el trabajo de Lux<sup>34</sup>, así como coherente con la relación existente entre el índice de confianza y el monto de inversión en acciones y en divisas, se plantean las siguientes formas funcionales (ver ecuaciones 8 y 9).

$$n_+ = (1 + x) z_+ N \quad [8]$$

$$n_- = (1 - x) z_- N \quad [9]$$

Con estas dos expresiones se quiere decir que la cantidad de recursos invertidos en la bolsa depende positivamente del índice de confianza de la Bolsa de Valores, mientras que los recursos invertidos en divisas dependerán negativamente de este índice. Las expresiones  $z_+ N$  y  $z_- N$  se refieren a la proporción de recursos no especulativos invertidos en la Bolsa de Valores y en divisas. De esta forma tenemos que la evolución en el tiempo del índice de confianza en la Bolsa de Valores  $x$  es:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dn_+}{dt} - \frac{dn_-}{dt}$$

$$\frac{dx}{dt} = zN[(1 - x) z_- p_{\pm} - (1 + x) z_+ p_{\mp}] - N(1 - z) [(1 - x) z_- p_{-o} - (1 - x) z_- p_{o-}] \quad [10]$$

Con la expresión para la evolución en el índice de confianza de los inversionistas, tenemos la primera conclusión del modelo. La evolución en el índice de confianza dependerá de la decisión que tomen los especuladores (toros) y no especuladores (osos) sobre cómo usar sus recursos. Las expresiones  $zN$  y  $(1 - z) N$  se refieren a la proporción de recursos no especulativos y especulativos, respectivamente. El índice de confianza aumenta en el tiempo en la medida que la proporción de recursos no especulativos invertidos en divisas tengan mayor probabilidad de ser invertidos en la Bolsa; disminuye cuando la probabilidad de que los recursos no especulativos invertidos en la bolsa sean invertidos en divisas.

Al respecto, note que el coeficiente acompañando a la primera probabilidad  $(1 - x)$  es no negativo ( $x \leq 1$ ), pero es menor a  $(1 + x)$ , lo cual sugiere que el índice de confianza es más sensible a desplazamientos que “hablen” mal del mercado accionario, es decir que en esta expresión existe cierta asimetría a favor de la perspectiva pesimista que puedan tener los inversionistas no especuladores, coherente con el fenómeno de manadas observado en el mercado de capitales.

34 LUX, T. The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, University of Bamberg, Germany, 1998

La evolución del índice de confianza también se ve afectado por el comportamiento de los recursos pertenecientes a los agentes especuladores. Cuando la probabilidad de que los recursos especulativos pasen a ser invertidos en el mercado de divisas es mayor, el índice de confianza cae, lo cual parece lógico si se tiene en cuenta que invertir en divisas de la forma en que lo hacen los no especuladores es una clara señal de que el mercado accionario “no va bien” y el mercado así lo percibe.

Por otro lado, cuando la probabilidad de que los recursos invertidos en divisas (como mecanismo para evitar las pérdidas en el mercado accionario,  $n_1$ ) se vuelvan recursos especulativos es mayor, los agentes lo perciben como una señal positiva acerca del mercado accionario. Esto se explica porque para todos los agentes del mercado accionario no es un secreto que los osos (poseedores de recursos especulativos) solo invierten en la bolsa cuando la distancia entre el precio fundamental y el precio observado es significativamente alta a favor del precio fundamental, y si los recursos especulativos vuelven al mercado accionario es porque el precio observado está “tocando piso”, es decir, que está a punto de cambiar su tendencia, por lo que si bien el precio de las acciones es bajo, los agentes interpretan que el nivel es tal que lo más probable es que la tendencia cambie, pues el valle por el que paso el mercado está a punto de ser superado.

De la definición del cociente  $z$ , tenemos  $\frac{dz}{dt} = \frac{\left(\frac{dn_T}{dt}\right)}{N}$  la cual puede ser expresada como:

$$\frac{dz}{dt} = (1 - z_+)(1 + x) z_+ [p_{+o} - p_{o+}] + (1 - z_-)(1 - x) z_- [p_{-o} - p_{o-}] \quad [11]$$

La proporción de recursos no especulativos dependerá positivamente de la probabilidad de que los recursos especulativos cambien su naturaleza a recursos no especulativos e invertidos en la bolsa, y dependerá positivamente de la probabilidad de que los recursos especulativos cambien su naturaleza a recursos no especulativos invertidos en divisas, mientras que su relación, con la proporción de recursos invertidos bajo la estrategia optimista (pesimista) y el índice de confianza, es ambigua, lo cual es un resultado natural debido a que el contagio generado por el índice de confianza solo se puede dar entre inversores que no especulan, así que los recursos no especulativos que dejan de invertirse en acciones serán invertidos en divisas, por lo cual el efecto neto de este contagio no afecta la proporción total de recursos no especulativos.

Por otro lado, la variación en el tiempo de la proporción de recursos no especulativos dependerá negativamente de la probabilidad de que los recursos no especulativos cambien su naturaleza a recursos especulativos, y dependerá negativamente de la probabilidad de que los recursos no especulativos invertidos en divisas cambien su naturaleza a recursos especulativos. Todo esto se resume en que: a medida que la probabilidad de que recursos no especulativos se vuelvan especulativos aumenta en el tiempo, la proporción de recursos especulativos aumentará en el tiempo.



Finalmente, se halla el exceso de demanda de acciones por medio de recursos no especulativos,  $ED_T$

$$ED_T = N(z_+ - z_-) + Nxz$$

A su vez, los inversionistas osos simplemente compran (venden) cuando el precio de la acción está por debajo (por encima) del precio fundamental, lo que técnicamente se conoce como arbitraje. De esta forma el exceso de demanda con recursos especulativos depende de la diferencia entre el valor fundamental y el precio observado ( $IGBV_f - IGBV$ ), con lo que tenemos que el exceso de demanda de recursos especulativos es  $ED_o$ , donde  $y$  es la medida de sensibilidad del exceso de demanda ante cambios en la brecha de precios.

$$ED_o = (1-z) Ny (IGBV_f - IGBV) \quad [13]$$

Respecto a la dinámica de los precios, se asume que los precios reaccionan dependiendo de la sensibilidad que tengan a los excesos de demanda, y su comportamiento está descrito por la siguiente expresión:

$$\frac{dIGBV}{dt} = \beta N [(z_+ - z_-) + xz + (1-z)y (IGBV_f - IGBV)] \quad [14]$$

Con la expresión matemática para la evolución del precio surge el segundo resultado. El precio de las acciones aumentará en el tiempo por tres razones. i) cuando la proporción de recursos no especulativos invertidos en la Bolsa son mayores que los recursos no especulativos invertidos en divisas (resultado coherente con la ley de la demanda y con la definición de bienes sustitutos); ii) cuando el índice de confianza es favorable (favorable significa que el valor de este se acerca a 1).; y iii) cuando el mercado accionario se encuentra por debajo de su valor fundamental, es decir que está subvaluado, lo que naturalmente crea incentivos a especular y por ende a comprar por debajo del valor fundamental, lo que aumenta la demanda de acciones y presiona un aumento en el IGBV.

Para finalizar, se especifica como las probabilidades vienen determinadas, pues la probabilidad de que los recursos cambien su naturaleza no son exógenas, sino que provienen de un proceso fundamentado en el comportamiento del mercado. Para esto adoptaremos el enfoque de Lux<sup>35</sup>, quien usó expresiones de la forma “constant exponent (U)” las cuales son usadas para implementar las probabilidades de transición de un

35 LUX, T. The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, University of Bamberg, Germany, 1998

estado a otro<sup>36</sup>. La tendencia de los agentes a moverse entre optimistas y pesimistas se debe al contagio mimético (índice de confianza), cuyo efecto es reforzado (disminuido) por el movimiento del precio de las acciones.

La probabilidad de que los recursos no especulativos se transfieran del mercado de divisas al de acciones (y viceversa) está dada por:

$$p_{\pm} = v_1 e^{u_1} \text{ y } p_{\mp} = v_1 e^{-u_1} \quad [15]$$

$$u_1 = \alpha_1 x + \frac{\alpha_2 \dot{IGBV}}{v_1}, \text{ donde } IGBV = \frac{\dot{IGBV}}{dt} \quad [16]$$

Donde  $v_1$  es un parámetro asociado a la escala de tiempo del proceso en que la opinión afecta la decisión de los inversionistas, mientras que los parámetros  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  denotan la sensibilidad de la función  $U_1$  ante cambios en el cociente  $x$  y la evolución del  $IGBV$  en el tiempo. Lo que nos dice la ecuación [15] y [16] es que la probabilidad de que recursos no especulativos pasen del mercado de divisas al accionario es mayor a medida que el índice de confianza respecto al mercado accionario es favorable, y a medida que el precio de las acciones crece.

Por su parte, la probabilidad de que recursos no especulativos pasen a ser especulativos dependerá de la rentabilidad esperada de usar recursos como especulación, o usarlos en base a predicciones técnicas sobre el mercado accionario.

La diferencia entre las ganancias de los recursos invertidos en acciones y las ganancias promedio de la economía (promedio de las ganancias de invertir en la bolsa, en divisas, y la ganancia producto de la especulación) puede ser escrito como:

$$\text{diferencial} = \frac{r + \dot{IGBV}}{IGBV} - R \quad [17]$$

Donde  $r$  denota los dividendos nominales constantes de la acción, y  $R$  denota la rentabilidad promedio en la economía.

Tal como se señaló antes, dado que los propietarios de los recursos especulativos no hacen predicciones sobre los precios futuros de largo plazo (y tampoco los tienen en cuenta), estos perciben las ganancias de forma inmediata. Este comportamiento asimétrico a favor de los recursos de naturaleza especulativa lleva mayores incentivos a usar recursos como especulativos, así que para nivelar esta asimetría se debe tener en

36 La función  $U$  captura el factor que hace a los inversionistas cambiar su comportamiento. Esta función también garantiza probabilidades positivas y cambios simétricos entre grupos. Con este supuesto también se logra una probabilidad de transición baja, cuando esta transición está en contra de la tendencia, es decir que en este modelo los especuladores se comportan de forma antagónica.

cuenta que los recursos especulativos son invertidos dependiendo del diferencial entre el precio observado y el precio fundamental de las acciones, pero también teniendo en cuenta la magnitud de las variaciones en el precio de las acciones.

Los poseedores de recursos especulativos tendrán incentivos a dejar de arbitrar si la magnitud de las fluctuaciones es tal que la posibilidad de ganancia aumenta si no usan sus recursos para especular, sino para trabajarlos en el mercado en base a predicciones, con lo que tenemos que la probabilidad de que un inversor convierta sus recursos especulativos en recursos no especulativos (e invertir estos en la Bolsa) dependerá de la desviación estándar que presenten los datos de la cotización histórica de la acción  $\sigma_{IGBV}$  y de esta forma tenemos que la probabilidad de que los recursos especulativos cambien su naturaleza (o forma de ser invertidos) está dada por:

$$p_{+0} = v_2 e^{u_{2,1}} \quad y \quad p_{0+} = v_2 e^{-u_{2,1}} \quad [18]$$

$$U_{2,1} = \alpha_3 \left[ \frac{\left( r + \frac{IGBV}{v_z} \right)}{IGBV} - R + \sigma_{IGBV} \right] \quad [19]$$

Donde  $\alpha_3$  denota la sensibilidad de la función  $U_{2,1}$  ante cambios en el diferencial de ganancias y la desviación estándar de la cotización de la Bolsa IGBV.

La expresión  $\frac{\left( r + \frac{IGBV}{v_z} \right)}{IGBV}$  denota los retornos que representa invertir recursos en la Bolsa (ingresos por dividendos y por valorización de las acciones). El segundo término nos habla de los retornos promedio de la economía, con lo que tenemos que cuando la distancia  $\left[ \frac{\left( r + \frac{IGBV}{v_z} \right)}{IGBV} - R \right]$  es positiva significa que la Bolsa está arrojando mejores ganancias que la economía, en promedio, lo cual genera incentivos a invertir en la Bolsa. La tercera expresión es una variación en cuanto al modelo de Lux<sup>37</sup> y nos habla de los incentivos que genera hacia los especuladores, cambiarse de “bando” cuando las fluctuaciones del precio de las acciones es tal que las ganancias esperadas de participar permanentemente en la Bolsa podrían ser mayores que las ganancias de especular.

De la misma forma podemos analizar el caso en que los recursos especulativos pasan a ser recursos invertidos en divisas, o viceversa. El agente que quiere usar sus recursos de forma técnica en la bolsa en lugar de usarlos para especular, producto de la alta volatilidad que exhibe el IGBV, con el fin de reducir pérdidas cuando el mercado está a la baja, “desinvierte” en acciones e invierte en divisas. La ventaja de este comportamiento puede ser expresada formalmente como el diferencial entre el retorno promedio R y la

37 LUX, T. The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, University of Bamberg, Germany, 1998

ganancia que da el mercado accionario, donde, como ya se mencionó, la magnitud de la varianza del IGBV generará incentivos para no volver a especular, pero debido al diferencial de rentabilidades este prefiere cubrirse de perdidas pasando sus inversiones, provisionalmente, al mercado de divisas. Esto nos lleva a la definición de la probabilidad que gobierna la transición de recursos especulativos hacia recursos no especulativos invertidos en divisas (y viceversa).

$$p_{-0} = v_2 e^{u_{2,2}} \text{ y } p_{0-} = v_2 e^{-u_{2,2}} \quad [20]$$

$$U_{2,2} = \alpha_3 \left[ R - \frac{\left( r + \frac{IGBV}{v_z} \right)}{IGBV} + \sigma_{IGBV} \right] \quad [21]$$

La dinámica que podría estar generando olas de optimismo y pesimismo en torno al mercado accionario, lo cual genera burbujas especulativas, para así explicar cómo los inversionistas pasan de usar sus recursos en base a pautas técnicas, para usarlos para arbitrar (o viceversa)<sup>38</sup>.

La ola de optimismo se genera cuando un aumento significativo del precio del activo, en el comienzo de cierta burbuja hace que los propietarios de recursos especulativos y agentes que tienen sus recursos invertidos en divisas sean contagiados de optimismo acerca del mercado accionario, donde evidentemente tanto los accionistas existentes como los nuevos accionistas perciben ganancias derivadas de la tendencia del precio de la acción. Después de cierto tiempo, el efecto de atracción de recursos a la bolsa genera y tensiona la burbuja especulativa en torno al precio de las acciones.

Después de que han sido “contagiados” de optimismo cierta cantidad de inversionistas, y el precio está muy por encima del precio fundamental, los inversionistas se enfrentan a incentivos muy fuertes de cambiar su estrategia de inversión y vender sus acciones, para así ganar la diferencia entre el precio observado de las acciones y su precio fundamental (especulación), lo que libera acciones al mercado y se genera una caída en el ritmo de crecimiento del precio. Esto disuade aún más a los inversionistas que aún no han cambiado de estrategia, lo que hace que después de que cierta cantidad de inversionistas vendan sus acciones, el precio no solo deje de crecer, sino que empiece a caer. Esto genera que la percepción alcista del mercado accionistas se vuelva una percepción a la baja del precio de estas.

Una vez dentro de la “ola de pesimismo” la percepción negativa de los inversionistas los hace reaccionar de tal forma, que para evitar mayores pérdidas, deciden desinvertir en la bolsa e invertir en divisas, es decir que los inversionistas que han sido contagiados

38 Esta dinámica en olas de optimismo y pesimismo es la descrita por Lux en su trabajo “The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions” del año 1998.

de “pesimismo” comienzan a vender sus activos antes de que bajen aún más. Después de que este “efecto manada” genera que el precio de las acciones quede en un nivel tal que la diferencia respecto al precio fundamental es significativa se generan incentivos a comprar acciones con la esperanza de que estos no pueden bajar más, sino que seguramente empezarán a subir (arbitraje intertemporal), esto genera un aumento en la demanda de acciones (primero por parte de los especuladores) y una reducción en el ritmo al que viene cayendo el precio.

De nuevo, después de que cierta cantidad de recursos invertidos en divisas pasan a ser usados para arbitrar, el precio no solo reduce su velocidad de caída, sino que en algún momento cambia su tendencia, lo que, de nuevo, genera incentivos a cambiarse a invertir en la bolsa, pero no solo especulando, sino participando en esta, donde esta interacción parece ser cíclica y repetirse a los largo del tiempo.

Este modelo se hace como un esfuerzo por analizar la forma en que son tomadas las decisiones de inversión, así como interpretar la forma en que estas afectan la evolución del precio de las acciones (y por ende el precio de la TRM dada la relación de sustitución), y avanzar en la comprensión de la percepción que los inversionistas tienen sobre el mercado accionario.

Al respecto se encuentra que el índice de confianza aumenta en el tiempo en la medida que la proporción de recursos no especulativos invertidos en divisas tienen mayor probabilidad de ser invertidos en la Bolsa; disminuye cuando la probabilidad de que los recursos no especulativos invertidos en la bolsa sean invertidos en divisas. Adicionalmente, encontramos que el precio de las acciones básicamente depende de la proporción de recursos no especulativos invertidos en la Bolsa, de la opinión que tengan los inversionistas acerca del comportamiento de la Bolsa y del diferencial entre el precio observado y el precio fundamental de las acciones.

Por otro lado, la proporción de recursos no especulativos dependerá positivamente de la probabilidad de que los recursos especulativos cambien su uso a recursos (no especulativos) invertidos en la bolsa, y dependerá positivamente de la probabilidad de que los recursos especulativos cambien su naturaleza a recursos (no especulativos) invertidos en divisas, mientras que su relación, con la proporción de recursos invertidos bajo la estrategia optimista (pesimista) y el índice de confianza, es ambigua, lo cual es un resultado natural debido a que el contagio generado por el índice de confianza solo se puede dar entre inversores que no especulan, así que los recursos no especulativos que dejan de invertirse en acciones serán invertidos en divisas, por lo cual el efecto neto de este contagio no afecta la proporción total de recursos no especulativos. Con lo que finalmente tenemos que la proporción de inversionistas que participan en el mercado sin propósitos especulativos dependerá de las expresiones que básicamente incorporan el diferencial de rendimientos, así como la magnitud de la varianza de la TRM (ver ecuaciones 18, 19, 20 y 21).

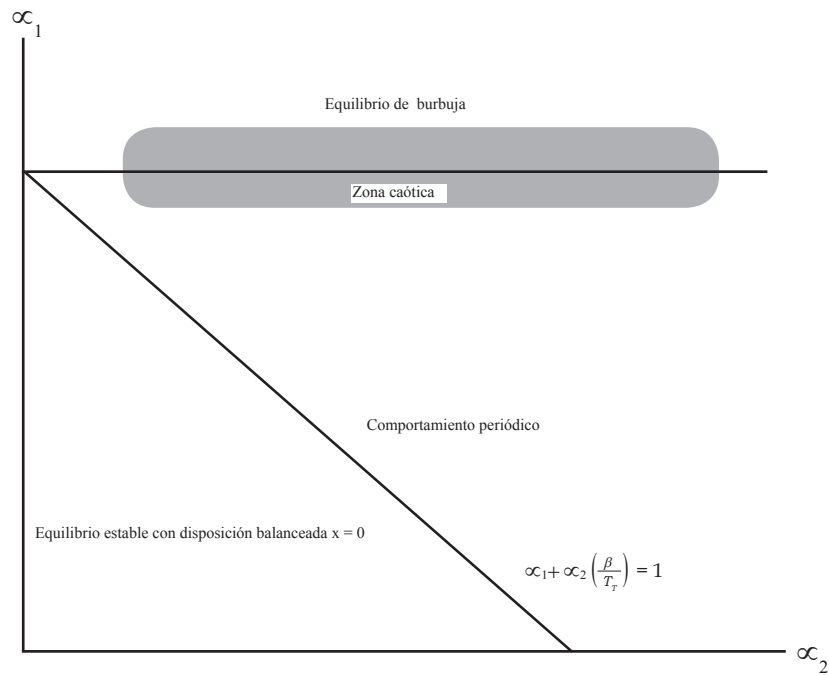
Adicional a intentar entender cómo se determinan los precios de las divisas (TRM) y de las acciones en la Bolsa (IGBV), así como entender los determinantes de la percepción que tienen los agentes sobre el mercado accionario, este ejercicio teórico también analiza las fuentes del comportamiento volátil en el precio de las acciones, pues aceptando una relación de sustitución casi perfecta entre el dólar y las acciones de la bolsa, es de esperar que la volatilidad del IGBV sea contagiada a la TRM, con lo que tendríamos que básicamente el comportamiento en el tiempo de la TRM será el opuesto, en fluctuaciones, al que presente el IGBV.

Este ejercicio es profundizado en el trabajo realizado por Lux, pues este, por medio de las formas funcionales que asigna a las diferentes probabilidades, nos permite simular el comportamiento caótico del mercado accionario y de esta forma el del mercado de divisas, pues estas probabilidades estarán incorporadas en la expresión que describe el comportamiento en el tiempo del precio de las acciones (y por ende de la tasa de cambio), y dado que las formas funcionales usadas en este documento presentan las mismas propiedades no lineales que se presentan en el modelo de Lux, este modelo también es capaz de simular el comportamiento caótico del sistema financiero.

La siguiente figura, sacada del trabajo realizado por Lux<sup>39</sup>, representa una simulación acerca del comportamiento del sistema de ecuaciones  $x$  y  $z$  y su estabilidad en torno a los valores de los parámetros. En esta figura observamos que se encuentra una nube de puntos en que se pueden dar varias combinaciones de parámetros que generen comportamiento caótico, a su vez estas combinaciones parecen estar concentradas en cierta región sobre  $a_1 = 1$ .

39 LUX, T. The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, University of Bamberg, Germany, 1998, pg. 156

**Figura 15: Dependencia de la dinámica económica a valores paramétricos, análisis a partir del sistema de ecuaciones y mediante simulaciones computacionales**



Fuente: Lux 1998, Elaboración: Propia





## CONCLUSIONES Y/O CONSIDERACIONES

Producto del análisis empírico se encuentra que de las variables que se usan para explicar el comportamiento tendencial de la TRM<sup>40</sup>, la IED es la única que presenta relación de cointegración con el comportamiento de la TRM. Este resultado significa, tal como se señaló antes, que la IED es el principal factor explicativo de la revaluación que ha presentado el peso en los últimos años, lo cual podría explicarse por el auge que este rubro ha venido presentando desde el año 2002 (figura 6). Lo que hace importante el comportamiento de la IED es la magnitud de esta cuenta (ver cuadro 6), así como sus significativas fluctuaciones (ver figura 7).

Por otro lado, se encuentra que de todas las variables usadas<sup>41</sup>, la balanza de pagos, las cuentas de capital y financiera y el volumen de transacciones realizadas en la Bolsa son los únicos factores que sirven para la predicción de los ciclos presentes en la TRM, lo que se traduce en que estas variables se constituyen en buenos factores de predicción de los ciclos de la TRM. Adicionalmente se encuentra que de las variables usadas para saber cuáles fueron los principales determinantes de la volatilidad que presentó la TRM, se encontró que las variables que representan la mayor participación en la varianza de los ciclos de la TRM son la IED, la Balanza de Pagos, y la cuenta corriente (ver figura 12), así como el IGBV, donde cabe que de los componentes de la balanza de pagos, la IED es el principal factor a la hora de explicar los ciclos de la TRM, y la participación en la varianza del IGBV es significativa, solo superada por los tres principales factores de la Balanza de pagos (ver cuadro 11).

En cuanto al esfuerzo por entender el comportamiento del mercado financiero mediante el modelo teórico, tenemos que el índice de confianza aumenta en el tiempo en la medida que la proporción de recursos no especulativos invertidos en divisas tienen mayor probabilidad de ser invertidos en la Bolsa, disminuye cuando la probabilidad de que los recursos no especulativos invertidos en la bolsa sean invertidos en divisas y el precio de las acciones depende de la proporción de recursos no especulativos invertidos en la Bolsa, de la opinión que tengan los inversionistas acerca del comportamiento de la Bolsa y del diferencial entre el precio observado y el precio fundamental de las acciones.

Estos resultados cobran importancia a la hora de formular políticas públicas y comerciales, porque, por un lado encontramos que efectos de políticas como la reducción de las tasas de interés podrían estar siendo anulados por el aumento en el nivel de confianza que presenta la economía colombiana, por lo que lo más seguro es que la reducción en las tasas de interés no provoque la reducción en la entrada de dólares que se espera, con

40 Las variables ICE, Balanza de pagos, Cuenta corriente, Cuentas de capital y financiera, Remesas, Exportaciones Netas y Inversión extranjera directa en Colombia

41 Las variables ICE, Balanza de pagos, Cuenta corriente, Cuentas de capital y financiera, Remesas, Exportaciones Netas, la Inversión extranjera directa en Colombia, el IGBV y el volumen de transacciones llevadas a cabo en la Bolsa de Valores.

lo que la devaluación del peso no se daría en la magnitud que los hacedores de política esperan. Con esto tenemos que una medida eficaz para detener la revaluación del peso podría ser la intervención directa sobre el mercado de divisas, y para esterilizar esta política se podría aumentar el nivel de reservas o adelantar el pago de deuda.

La miopía en la predicción, observada en la vida real, puede ser causa de la complejidad en la dinámica de los precios, que a su vez es causada por las transacciones realizadas en base a modelos de predicción que están mal especificados, lo que genera un efecto endógeno negativo. Es así como la imposibilidad de realizar buenas predicciones sobre el comportamiento del precio genera una serie de reglas adaptativas que se convierten en el único comportamiento que puede adoptar el inversor, reglas que se soportan en la evidencia de que en algunos casos (pero solo en algunos casos) son exitosas.

En la medida en que los inversionistas sean más sensibles a la opinión de los demás, a las tendencias esperadas del precio y/o entre mayor sea la inclinación a cambiar de estrategia, el comportamiento de los precios será más irregular (caótico). Para valores de superiores a 1 surgen dos equilibrios con presencia de burbujas, en el que se rompe la simetría entre la proporción de recursos invertidos en la bolsa y en divisas, y en los que el precio observado de la acción dista de su valor fundamental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOU A. S, ZOMBANAKIS G.A, GEORGOPOULOS E. F, LIKOTHANASSIS S. D, Forecasting Exchange-Rates via Local Approximation Methods and Neural Networks, *University of Patras, Dept. of Computer Engineering & Informatics, Artificial Intelligence Research Center (U.P.A.I.R.C.), Patras 26500, Greece, 2009*

BATEMAN, A. FERRARI, C. GIRALDO, F. Hábitat y el desafío de las microfinanzas, *UN-Hábitat, Bogotá, 2008*

BERNANKE, B. BLINDER, A. Credit, Money, and Aggregate Demand, *The American Economic Review, Vol. 78, No 2, 1988*

BORDO, M. Boom-Bust in asset prices, economic instability, and monetary policy, *National Bureau of Economic Research, Cambridge, 2002*

CORTES, J. ¿Qué explica la caída del dólar?, *Periódico Portafolio, Bogotá, abril 3 del 2008*

CRUZ, K. ¿Se pueden evitar las crisis financieras?, *Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2009*

DE GRAUWE, P. GRIMALDI, M. The exchange rate and its fundamentals, a chaotic perspective, *University of Leuven, CESifo Working Paper No. 639, Belgium, 2002*

ECHAVARRÍA, J.J. LÓPEZ, E. MISAS, M. La tasa de Cambio Real de Equilibrio en Colombia y su Desalineamiento: Estimación a través de un modelo SVEC, *Borrador 472, Banco de la República, Bogotá, 2007*

ECHAVARRÍA, J.J. Presentación: La tasa de cambio en Colombia: impacto y determinantes en un mercado globalizado, *Banco de la República, Bogotá, Marzo del 2004*

EICHENGREEN, B. The Real Exchange Rate and Economic Growth, *Commission on Growth and Development, Working paper No 4, 2008*

FERRARI, C. AMALFI, A. Fundamentales empresariales y económicos en la valoración de acciones. El caso de la Bolsa colombiana, *Universidad Javeriana, Bogotá, 2007*

FRANCO, F. El modelo de Markowitz, TES, TRM y el IGBVC, *Bogotá, 2009*

HUMBERTO CAMPODÓNICO, EEUU: déficit fiscal y dólar a la baja, *Periódico La República Perú, Lima, 2009*

JALIL, M. MISAS, M. Evaluación de pronósticos del tipo de cambio utilizando redes neuronales y funciones de pérdida asimétricas, *Banco de la Republica, Bogotá, 2007*

JUDGE, C. GRIFFITHS, L. TSOUNG-CHAO LEE, Introduction to the theory and practice of econometrics, *Second edition, 1988*

LEITON, K. HERNÁNDEZ, C. y PATIÑO L. Reporte de mercados financieros, *Banco de la República, Bogotá, septiembre 2009*

LÓPEZ, M; PRADA, J. D. ; RODRÍGUEZ N. Financial Accelerator Mechanism in a Small Open Economy, *Banco de la Republica, Bogotá, 2008*

LUX, T. Herd Behavior, Bubbles and Crashes, *Royal economic society, 1995*; The socioeconomic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions, *University of Bamberg, Germany, 1998*

MANDELBROT, B. HUDSON, R. Fractales y Finanzas, *2006*

MONTENEGRO, A. Series de tiempo, *Universidad Javeriana, Bogotá, 2007*

OLIVEROS, H. HUERTAS, C. Desequilibrios Nominales y Reales del Tipo de Cambio en Colombia, *Banco de la República, Bogotá, 2002*

TORO, J. JULIO, J. Efectividad de la intervención discrecional del banco de la republica en el mercado cambiario, *Banco de la República, 2005*

URRUTIA. J. VU, J. Análisis de la conducta temporal de los ADRs latinoamericanos, *Estudios de Administración Vol. 8 N° 1, Loyola University and Depaul University, Chicago, 2001*

VARGAS, A. Tasa de cambio: Volatilidad y desequilibrio, Reporte Macroeconómico, *Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, 2009*