

**PROYECCION DE TASA DE CAMBIO BAJO CONDICIONES DE PPA:  
EVIDENCIA EMPIRICA Y DEMOSTRACION ECONOMETRICA MEDIANTE  
VECTORES AUTOREGRESIVOS (VAR)**

**CATHERINE FAYAD HERNANDEZ  
GUSTAVO ENRIQUE LÓPEZ GALVIS**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
PROGRAMAS DE FINANZAS Y NEGOCIOS INTERNACIONALES  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2008**

**PROYECCION DE TASA DE CAMBIO BAJO CONDICIONES DE PPA:  
EVIDENCIA EMPIRICA Y DEMOSTRACION ECONOMETRICA MEDIANTE  
VECTORES AUTOREGRESIVOS (VAR)**

**FAYAD H, CATHERINE  
LOPEZ G, GUSTAVO ENRIQUE**

**Trabajo de Grado, presentado para optar al Título de Profesional en  
Finanzas y Negocios Internacionales Y Economista.**

**Director  
IGNACIO VELEZ PAREJA  
Profesor Investigador**

**Asesor  
ROBERTO FORTICH  
Profesor Investigador**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
PROGAMAS DE FINANZAS Y NEGOCIOS INTERNACIONALES  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2008**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del Jurado

A Dios, a nuestras familias y a todos  
los que influyeron en nuestras vidas y  
nos formaron.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Dios, por darnos la oportunidad de trabajar unidos en este proyecto y darnos la fuerza para concluirlo con éxito a pesar de las dificultades.

Nuestras familias, por el apoyo, cariño y confianza, elementos primordiales para alcanzar lo que hoy hemos logrado. Gracias por creer que era posible.

Nuestro Director Ignacio Vélez Pareja, promotor de este trabajo de grado, quien con sus orientaciones pudo direccionarnos hacia los objetivos claves del estudio, sirvió de base y guía para esta investigación.

Nuestro asesor Roberto Fortich, quien siempre tuvo fe en nuestra capacidad para desarrollar éste complejo e importante tema y que con su constancia e incondicionalidad, fue una clave fundamental para que éste proyecto pudiese culminar.

A Aarón Espinosa , profesor investigador de la Universidad Tecnológica de Bolívar, por sus orientaciones y valiosos aportes a nuestro trabajo.

David Andrés Londoño, director de programa de Economía, quien con su indispensable ayuda nos asesoró en uno de los puntos más críticos de esta investigación.

Compañeros, amigos, y todos los que influyeron positivamente para culminar éste objetivo.

## CONTENIDO

### RESUMEN

**INTRODUCCION.....0**

**0 ..... ANTEPROYECTO**

0.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....3

0.1.1 Descripción del problema.....3

0.2.2 Formulación del problema.....5

0.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....5

0.2.1 Objetivo general.....5

0.2.2 Objetivos específicos.....5

0.3 JUSTIFICACIÓN .....6

0.4 ESTADO DEL ARTE.....9

0.4.1 Marco conceptual.....9

0.4.2 Marco teorico.....11

0.5 DISEÑO METODOLÓGICO .....19

0.5.1 Tipo de investigación .....19

<b>1. VOLATILIDAD DE LA TASA DE CAMBIO: EVIDENCIA EMPÍRICA NACIONAL E INTERNACIONAL.....</b>	<b>25</b>
1. 1 CONSECUENCIAS DE LA VOLATILIDAD DE LA TRM EN LOS ESTADOS FINANCIEROS DE LAS PYMES EN COLOMBIA.....	28
<b>2. EL MÉTODO DE VECTORES AUTORREGRESIVOS (VAR): UNA APROXIMACIÓN EMPÍRICA A LA MODELACIÓN ECONOMÉTRICA DE LA TASA DE CAMBIO REAL EN COLOMBIA, 1995-2005 .....</b>	<b>31</b>
2.1 RESULTADOS VAR .....	33
2.2 EVALUACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS.....	37
<b>3. ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE LA PPA EN REFERENCIA A LAS PROYECCIONES DE LA TASA DE CAMBIO.....</b>	<b>43</b>
3.1 ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE LA PPA BAJO LOS CÁLCULOS OBTENIDOS EN VAR.....	43
3.2 DIFICULTADES PARA ESTIMAR TRM Y TCR .....	48
3.3 AYUDAS PARA PYMES CON RESPECTO A VARIABLES.....	51
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>BIIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Prueba de raíz unitaria .....	34
<b>Tabla 2.</b> Resultados Algoritmo de Dolado .....	35
<b>Tabla 3.</b> Evaluación de Pronósticos para modelos VAR .....	38
<b>Tabla 4.</b> Evaluación de Pronósticos para TRM simulada .....	39
<b>Tabla 5.</b> Evaluación de Pronostico para Modelo Sencillo .....	39
<b>Tabla 6.</b> Porcentaje de error para cada modelo de TRM .....	40
<b>Tabla 7.</b> Mejores Modelos para PYME de acuerdo al porcentaje de error .....	41
<b>Tabla 8.</b> Mejores modelos para PYME de acuerdo indicadores de evaluación de pronósticos .....	41
<b>Tabla 9.</b> Disponibilidad de la información acerca de las variables, Agosto 2008.....	51

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Diagrama De Rolling.....	21
<b>Figura 2.</b> TCR histórica vs TCR proyectada.....	36
<b>Figura 3.</b> Escenario A: TRM _histórica vs TRM _VAR.....	44
<b>Figura 4.</b> Escenario C: TRM histórica vs TRM con TCR _VAR (simulada) ..	45
<b>Figura 5.</b> Escenario B: TRM histórica vs TRM inf_VAR (simulada) .....	46
<b>Figura 6.</b> Escenario D: TRM relativa histórica vs TRM relativa _ promedio TCR.....	47
<b>Figura 7.</b> Escenario modelo simple: TRM histórica vs TRM simple _VAR vs TRM simple_ inf / histórica.....	48

## .LISTA DE ANEXOS

**Pág.**

<b>Anexo A.</b> Conclusiones VAR .....	61
<b>Anexo B.</b> Pasos para calcular el Algoritmo de Dolado.....	63

## RESUMEN

En el mundo empresarial de las PYMES importadoras y exportadoras colombianas, suelen tomarse decisiones que involucran a la Tasa de Cambio Real, por ejemplo, la compra de insumos importados, el pago de pasivos expresados en denominaciones extranjeras, y otras decisiones relacionadas con el cubrimiento de su riesgo cambiario. Si las PYMES conocieran con exactitud el valor futuro que tomará la TRM, lograrían sacar el mayor provecho de su actividad productiva, evitando de ese modo, las consecuencias negativas que traen consigo las crisis cambiarias, como por ejemplo, las ocurridas luego del Efecto Tequila, la del sudeste asiático o la rusa. No obstante, las PYMES no se preocupan en la práctica por perfeccionar una metodología que les asegure buenas proyecciones de los indicadores de Tasa de Cambio, lo cual es preocupante si se tiene en cuenta que estas proyecciones no se encuentran disponibles en ningún medio informativo oficial.

En este trabajo se utiliza la técnica de vectores autorregresivos VAR para estimar la TCR de 2001 a 2005 con la técnica rolling, e incluirla en fórmula de la TRM relativa que incluye la variable TCR y las inflaciones de Estados Unidos y de Colombia para nuestro caso, a su vez se estiman las inflaciones para este mismo periodo de tiempo y se incluyen en el modelo relativo simple de la TRM, es decir, el que incluye solo las inflaciones de los dos países a estudiar. En base a los resultados se sugiere a las PYMES en caso de no tener proyecciones de TCR, promediar los últimos 5 años de esta variable y trabajar con proyecciones de las inflaciones de entidades confiables, o trabajar solo con el modelo simple, siempre y cuando las inflaciones tengan las condiciones anteriormente mencionadas, confiables y lo suficientemente exactas.

## INTRODUCCION

En todos los contextos empresariales la planeación es un proceso al que se le atribuye gran importancia debido a que de éste depende la competitividad y el éxito futuro de la empresa. Para las empresas con relaciones comerciales en el exterior es prioritario conocer el comportamiento de la tasa de cambio y sus cambios en el largo plazo, lo cual nos lleva a asumir el reto de mostrar la importancia de utilizar pronósticos adecuados acerca de las variables del entorno macroeconómico que las rodea, y de esta forma aplicarlos a sus estados financieros para poder trabajar con menor grado de error en el largo plazo, pudiendo dar el tratamiento anticipado del que se requiera según sea el caso.

Así, entonces, éste trabajo analizará la teoría de la PPA y cómo se viene trabajando las proyecciones de tasas de cambio, y además se profundizará acerca de las crisis de la volatilidad de la TRM analizando sus consecuencias en los estados financieros de las empresas, realizar proyecciones utilizando datos históricos, teniendo como herramienta un modelo econométrico denominado Modelo de Vectores Autoregresivos (VAR), e incluyéndole al mismo variables que son publicadas por organismos especializados en realizar este tipo de cálculos. De esta forma, se tratará de minimizar el margen de error en el que incurren las empresas al realizar sus pronósticos valiéndose del manejo anteriormente dado a la TCR.

Aunque el sector de las microempresas es mucho mayor, tomaremos las Pymes puesto que dentro del sector empresarial e industrial ofrecerían actividades y una estructura financiera más interesante como objeto de estudio para el desarrollo e investigación de este trabajo, por ejemplo para el caso de Cartagena “la distribución de la Inversión Neta de Capitales (INK)...las grandes empresas representaron el 29,8%, es decir, \$18.429 millones de pesos, seguido muy de cerca por las medianas con 29,1% (\$17.998 millones), las pequeñas el 17,9% y las microempresas el 23,3% del capital neto invertido.”<sup>1</sup>

Por otra parte, cabe mencionar, que el presente documento se encaminará también hacia el ámbito práctico y social al proporcionar un modelo completo, funcional y lo más ajustado a la realidad para que sirva de apoyo a cualquier empresa que lo necesite, pero sobre todo a las PYMES, las cuales forman una parte importante del crecimiento económico que ha tenido el país debido a las buenas relaciones comerciales externas que han desempeñado, pero las cuales no poseen las suficientes herramientas tecnológicas ni el capital para sostenerse de forma competitiva en el mercado, lo cual ha generado que un cierto número de ellas hayan tenido que cesar sus operaciones, y ser liquidadas.

---

<sup>1</sup> Ibíd. Pag.14

## 0.0 ANTEPROYECTO

### 0.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

**0.1.1 Descripción del Problema.** En la actualidad la mayoría de las empresas nacionales que tienen relaciones comerciales externas se valen de métodos rutinarios para realizar los pronósticos de sus flujos de caja, utilizando para ello las variaciones de la tasa de cambio en un determinado periodo de tiempo, y con base en estos trazar sus metas de producción, ventas, e ingresos en el mediano y largo plazo.

Para elaborar pronósticos se pueden encontrar dos grandes clases de modelos: causales y series de tiempo. Los primeros tratan de encontrar las relaciones de causalidad (causa y efecto) entre diferentes variables, de manera que conociendo o prediciendo alguna de ellas se pueda encontrar el valor de la otra. En el segundo caso se requiere solamente encontrar los posibles valores que asumirá una determinada variable. En todos los casos, siempre se hace uso de la información histórica, ya sea para predecir el comportamiento futuro o para suponer que el comportamiento histórico se mantendrá hacia el futuro y sobre esta base hacer los estimativos. Se debe tener presente que no existe ningún método de pronóstico infalible, lo que hacen estos procedimientos, es estimar un valor posible, pero siempre sujeto a errores<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> DAVILA, Ricardo Y VELEZ, Ignacio, Análisis y Planeación financieros, Valoración de Flujos de Caja: Proyecciones de los Estados financieros. Politécnico Grancolombiano, 2000. <http://cashflow88.com/decisiones/gerfin/capitulo5.pdf>

*“A projection model is not a crystal ball, and its output does not dictate what the future will be. It is merely a tool to estimate what a company’s future financial condition might be, given certain assumptions about its performance. Conversely, it is a tool to test what needs to happen in order for a particular performance goal to be reached”<sup>2</sup>.*

Lo anterior soporta el hecho de que las empresas tengan debilidades en las proyecciones realizadas, debido a la gran diferencia entre lo proyectado y la realidad, puesto que para estos cálculos una de las principales variables a utilizar es la Tasa de Cambio Real, la cual a diferencia de las inflaciones de cada país objeto de comparación, no se proyecta a largo plazo, lo que hace que el alcance de estas proyecciones no sean lo suficientemente certeras como para mostrarle a los empresarios cuál será en un futuro su realidad financiera, económica y comercial.

Por tanto se hace necesario desarrollar o mejorar los métodos existentes, realizando un modelo econométrico que incluya variables que se encuentren proyectadas formalmente por entidades como DANE, Banco de la República, Departamento Nacional de Planeación o similares, y de esta forma, tratar de disminuir el margen de error en el que incurren estas empresas, en especial las Pymes, las cuales son las más sensibles a las variaciones dinámicas que viven diariamente la economía colombiana y sus principales socios comerciales.

---

<sup>2</sup> S. TJIA, Jhon. Building Financial Models: a guide to creating and interpreting financial statement. 1 ed. New York, McGRAW-HILL, 2004. Pág.2.

**0.1.2 Formulación del Problema.** ¿Cuál es el método más adecuado para realizar la proyección de la TRM y la TCR, de tal forma que se disminuya el nivel de error en los pronósticos realizados por la mayoría de las empresas colombianas, en especial las Pymes y obtener mejores resultados en los análisis financieros que se basen en este tipo de proyecciones?

## **0.2 OBJETIVOS**

**0.2.1 Objetivo General.** Elaboración de una propuesta de mejoramiento de las proyecciones financieras y la toma de decisiones derivadas de éstas que realizan las Pymes importadoras y exportadoras, mediante el diseño de un modelo que sea consistente con la teoría de la PPA y económicamente riguroso para minimizar los impactos económicos y financieros que conllevan los riesgos cambiarios y sus volatilidades.

### **0.2.2 Objetivos específicos**

- Justificar la importancia de la volatilidad de la TRM y sus consecuencias en las proyecciones financieras de las Pymes exportadoras e importadoras y en la toma de decisiones basadas en los análisis de estas proyecciones.
- Analizar la teoría de la PPA en referencia a las proyecciones de la tasa de cambio y las dificultades que se presentan al momento de hacer este tipo de estimaciones.
- Evaluar las proyecciones de la TRM y TCR según los modelos aquí estudiados, a través de la econometría como herramienta de medición y estimación, y de esta forma analizar los alcances de esta evaluación.

### 0.3 JUSTIFICACION

El presente trabajo investigativo contribuye a realizar aportes de carácter práctico, teórico y metodológico.

A nivel teórico se pretende verificar y contrastar las teorías que soportan el cálculo de las TRM bajo condiciones de PPA, al igual que los soportes de la evidencia empírica acerca de la utilización de la TCR en largos períodos de tiempo, y su aplicación en proyecciones financieras.

En Colombia, las Pymes se han convertido en un sector primordial para la economía y su crecimiento. En 2004, las Pymes representaron el 97% de las empresas en el país, generando el 63% del empleo, y aportando el 37% del PIB, según datos de una investigación publicada por la Organización de los Estados Americanos (OEA) y la oficina de Comercio, Crecimiento y Competitividad (OCCC)<sup>3</sup>. Lo cual demuestra que este tipo de empresas son un motor importante en los principales renglones que hacen parte de la economía del país, fortaleciendo cada vez más la necesidad de enfocarse en ellas a la hora de apoyar a las empresas que realmente merecen atención dentro de la estructura empresarial de Colombia. Citando a Hidalgo y Valencia (2002), “el aporte de las Pymes al sector real de la economía ha venido creciendo en los últimos años. Los análisis del DANE demuestran el aporte significativo que hacen las pequeñas y

---

<sup>3</sup>Organización de los Estados Americanos (OEA). Oficina de Comercio, Crecimiento y Competitividad (OCCC). Los Retos de la competitividad y la Agenda Interna. Proyecto Sociedad Civil y Libre Comercio, 2004.

medianas empresas (Pymes) al producto interno bruto del país, y su destacada colaboración en la generación de empleo.”<sup>4</sup> .

Es indispensable que se revise cómo se proyecta la TCR por parte de las empresas, puesto que los estudios han revelado que ésta es una variable de gran influencia en la calidad de la toma de decisiones. Desconocer la proyección de la TCR puede acarrear diferentes consecuencias sobre una empresa: en primer lugar, una devaluación afecta directamente los costos de la producción, los insumos, las materias primas, entre otros, a la hora de importarlos, desfavoreciendo en gran medida a las Pymes exportadoras e importadoras<sup>5</sup>. En segundo lugar, a la hora de fijar los precios referentes al mercado internacional “los pequeños y medianos exportadores, que calculan el precio del producto de exportación en moneda nacional para convertirlo en dólares, utilizando el tipo de cambio con un precio más alto sin contar con la información del mercado objetivo, pierden ventas al no aplicar modalidades que les permitan un precio competitivo en el mercado de destino (rediseño del producto, logística empleada, etc.)”<sup>6</sup> De acuerdo al estudio realizado por la Fundes acerca de la realidad de la PYME Colombiana<sup>7</sup> los dos principales problemas que las afectan en orden de gravedad y jerarquía en primera y segunda instancia son la recesión económica y las variaciones del tipo de cambio respectivamente, la recesión económica las afecta en aproximadamente un 80% y las variaciones de tipo de cambio alrededor del 45%.

---

<sup>4</sup> HIDALGO HIGUERA, Mauricio y VALENCIA DELGADO, Jose Julian. “Contrato de Agrupación empresarial: Un contrato para las PYMES”. Bogotá, Septiembre de 2002, p 7. Departamento de derecho económico. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Jurídicas.

<sup>5</sup> ARANGO, Ana María. GIRALDO, Jorge. RUIZ, Iliana. SALINAS, Gilma. SANCHEZ, Viviana, Estudio Sobre los Problemas de los Exportadores. Medellín: Colombianos Universidad de Medellín, p 197.

<sup>6</sup> La clave del comercio: libro de respuestas para pequeños y medianos exportadores/ Programa de mejoramiento de la competitividad para Pymes (ProCIP).Primera edición.2002. Bogota: Negocios Internacionales Ltda. P 100.

<sup>7</sup> La realidad de la PYME Colombiana: Desafío para el desarrollo. FUNDES.

De igual modo, las restricciones de información tienden a afectar el desempeño de las Pymes y hacer menos estable su comportamiento en relación con las firmas grandes. Por ejemplo, estas restricciones afectan las posibilidades de realizar adecuados análisis de mercado. De allí que el acceso a información de las Pymes sea un aspecto importante a mejorar con miras a favorecer un adecuado posicionamiento y desarrollo de las mismas en el mercado. Prueba de ello, por ejemplo, es que a las empresas en Colombia se les exige la presentación de proyecciones financieras a la hora de solicitar créditos blandos a largo plazo y con tasas de interés moderadas. Este requisito ha sido evidenciado por los estudios que se han realizado a empresas exportadoras, “Las empresas exportadoras y principalmente las medianas y pequeñas, afirman que si tuvieran la solidez que exigen las entidades crediticias no solicitarán dicho crédito.”<sup>8</sup>

En cuanto al nivel metodológico se utilizará la herramienta econométrica como instrumento de predicción de la TCR, con cuyos resultados se podrá verificar la eficiencia de los modelos de la teoría de PPA para la TRM, pudiendo observar el margen de error en su aplicabilidad a proyecciones de largo plazo, y a su vez utilizar varios modelos mediante la técnica VAR que incluyan variables de fácil acceso y oficialmente proyectadas que puedan superar la eficacia y veracidad de los modelos que actualmente se utilizan.

A nivel práctico los resultados obtenidos serán un aporte para las empresas que se ubican en el sector de las Pymes exportadoras e importadoras y que tienen relaciones comerciales con el exterior ya que estas no poseen el capital suficiente

---

<sup>8</sup> ARANGO, Ana María. GIRALDO, Jorge. RUIZ, Iliana. SALINAS, Gilma. SANCHEZ, Viviana, Estudio Sobre los Problemas de los Exportadores. Medellín: Colombianos Universidad de Medellín, p 211.

para invertir en altas tecnologías de proyecciones financieras, o en su defecto, incurrir en gastos al solicitar los servicios de empresas especializadas en este tipo de estudios, los cuales son necesarios a fin de poder prepararse y tomar decisiones de acuerdo a los objetivos y metas que se quieran alcanzar según el mercado en el que se estén desarrollando.

## **0.4 ESTADO DEL ARTE**

### **0.4.1 Marco Conceptual**

**Flujo de caja:** entradas y salidas de caja o de efectivo en un periodo determinado. Se utiliza comúnmente para: a.) establecer los problemas de liquidez, b.) analizar la viabilidad de los proyectos de inversión y c.) Medir la rentabilidad y/o rendimiento de un negocio<sup>9</sup>.

**PYMES:** Constituyen un grupo de pequeñas y medianas empresas y sus características varían de acuerdo al contexto de cada país. Para el caso colombiano, están reglamentadas por las leyes 590 de 2000 y 905 de 2004, ésta última las define como:

“Para todos los efectos, se entiende por micro incluidas las Famiempresas pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana, que responda a dos (2) de los siguientes parámetros:

---

<sup>9</sup> Tomado de: Wikipedia, la enciclopedia libre. [http://es.wikipedia.org/wiki/Flujo\\_de\\_caja](http://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_de_caja). Consultado Agosto 16 de 2007

1. Mediana empresa: a) Planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores, o b) Activos totales por valor entre cinco mil uno (5.001) a treinta mil (30.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

2. Pequeña empresa: a) Planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabaja-dores, o b) Activos totales por valor entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes<sup>10</sup>.

**Reservas internacionales:** “Están formadas por los activos externos que están bajo control del Banco de la República. Estos activos son de disponibilidad inmediata y pueden ser usados para financiar pagos al exterior, por ejemplo, los pagos por importaciones. Las reservas internacionales también pueden ser utilizadas por el Banco de la República para intervenir en el mercado cambiario y defender la tasa de cambio cuando ello sea necesario”<sup>11</sup>.

**Rezago econométrico:** Se da cuando para una variable endógena se utilizan como variables explicativas dentro de la serie de tiempo los periodos anteriores a ésta variable endógena.

**Serie de tiempo:** “Es un conjunto de datos numéricos obtenidos en periodos regulares y ordenados en el tiempo”<sup>12</sup>, éstos pueden representar cambios en las variables, a lo largo de esa historia de estas observaciones, con el fin de conocer su patrón de comportamiento y su prever su evolución futura.

---

<sup>10</sup> Ley 905 de 2004 .Agosto 2 de 2004. COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA.

<sup>11</sup> [http://www.surainversiones.com/glosario\\_r.aspx](http://www.surainversiones.com/glosario_r.aspx). Consultado en agosto 16 de 2007

<sup>12</sup> <http://www.monografias.com/trabajos31/series-tiempo-internet/series-tiempo-internet.shtml> consultado agosto 16 de 2007

**TRM:** “Tasa de cambio entre el dólar y el peso, calculada diariamente el Banco de la República, tomando el promedio del precio de las operaciones de compra y venta de dólares, realizadas por entidades financieras en las principales ciudades del país”<sup>13</sup>.

**Volatilidad financiera:** “Una acción es volátil cuando su precio varía con gran amplitud en relación con la variación del mercado”<sup>14</sup>.

**Ruido blanco:** es una propiedad de las series de tiempo que consiste en que posean una media igual a cero “0”, varianza constante en el tiempo y autocovarianzas iguales a cero “0”.

#### **0.4.2 Marco Teórico**

**La Paridad del Poder Adquisitivo (PPA):** Cuando una empresa tiene relaciones comerciales con otro país se establecen diferencias en cuanto a los precios y la moneda, lo cual conlleva a citar en este caso la “Ley de un solo precio” la cual afirma que, cuando se miden en moneda común, las mercancías libremente negociadas deberían costar lo mismo en cualquier parte”<sup>15</sup>; a partir de esta ley se define el principio de la Paridad del Poder de Adquisitivo (PPA), la cual explica las variaciones de los niveles de precios (tipos de cambio) entre dos países, lo cual

---

<sup>13</sup> <http://www.bvc.com.co/bvcweb/mostrarpagina.jsp?codpage=11006> Consultado agosto 16 de 2007

<sup>14</sup> *Ibíd.*

<sup>15</sup> Levi, Maurice D. Manual de Finanzas Internacionales, Tomo II “Paridad y riesgos Cambiarios. P 259.

sostiene que PPA predice que un incremento del poder adquisitivo de la moneda nacional estará asociado a una apreciación proporcional de la moneda.

El término “Paridad del Poder Adquisitivo” se introduce a raíz del debate nacido después de la Primera Guerra Mundial en torno a las consideraciones respecto del nivel cambiario que se debía adoptar entre los países industrializados, Taylor y Taylor (2004). Y se tenía como antecedente a Gustav Cassel quién en un artículo escribió:

*“At every moment, the real parity between two countries is represented by this quotation between the purchasing power of the money in the one country and the other. I propose to call this parity “The purchasing power parity”. Cassel (1998)”*

Obstfeld y Krugman afirman que la validez universal de la PPA ha sido discutida, sin embargo esta teoría ha destacado algunas causas importantes que influyen sobre las variaciones de los tipos de cambio. Entonces, la PPA a corto plazo predice que el tipo de cambio del peso en relación al dólar es:

$$TRM = P_{col}/P_{usd} \quad (1)$$

Donde  $P_{col}$  es el precio de la cesta de bienes de referencia en Colombia y  $P_{usd}$  es el precio de la misma cesta de bienes en Estados Unidos. Por lo tanto si la PPA se cumple, estos dos precios serían iguales, y la relación entre ellos sería de 1.

### *PPA absoluta y PPA relativa*

La ecuación (1) se conoce como PPA absoluta, la cual afirma que el tipo de cambio es igual a los niveles de precios relativos; ésta incluye una proposición llamada PPA relativa la cual sostiene que la variación porcentual del tipo de cambio entre dos divisas, a lo largo de cualquier período de tiempo, es igual a la diferencia entre las variaciones porcentuales de los índices de precios nacionales. Es decir, la PPA absoluta es un principio basado en los niveles de precio y tipos de cambio, y la PPA relativa lo traduce en un principio basado en las variaciones porcentuales de los niveles de precio y de los tipos de cambio<sup>16</sup>.

Según Krugman y Obstfeld la PPA absoluta carece de sentido puesto que no existe razón por la cual debemos esperar que dos cestas de productos diferentes se vendan al mismo precio, para ellos: “el concepto de PPA relativa es útil cuando hemos de confiar en las estadísticas oficiales sobre el nivel de precios para evaluar la PPA. Aún cuando los países basen sus estimaciones sobre el nivel de precios de unas cestas de productos que difieren en amplitud y composición, es lógico comparar las variaciones porcentuales de los tipos de cambio con los diferenciales de inflación. La PPA relativa también es importante porque puede cumplirse incluso cuando la PPA absoluta no lo haga. Siempre que los factores que causen las desviaciones de la PPA absoluta sean más o menos estables a lo largo del tiempo, las variaciones porcentuales de los niveles de precios relativos pueden seguir siendo aproximaciones de las variaciones porcentuales de los tipos de cambio.”

---

<sup>16</sup> KRUGMAN, Paul R. OBSTFELD, Maurice. Economía Internacional: teoría y política. 5 ed. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A., 2001. P 410.

Es por éstas razones que a lo largo del desarrollo de este trabajo haremos referencia a la PPA relativa, la cual expresa la TRM después de un año así:

$$\Delta TRM = \frac{1 + \pi_{cop}}{1 + \pi_{usa}} - 1 \quad (2)$$

Siendo  $\Delta TRM$  la variación porcentual en el tipo de cambio al contado a lo largo de un año;  $\pi_{cop}$  y  $\pi_{usa}$  las tasas anuales de inflación para Colombia y Estados Unidos, en este caso.

En Colombia, investigaciones realizadas con anterioridad dejan entrever que existe gran importancia aplicativa de la teoría de la PPA a nivel relativo y explican las razones por las cuales a nivel absoluto la teoría no se cumple.

En el caso de nuestro país en relación a nuestro principal socio comercial, Estados Unidos, Gracia Enrique(2002) afirma que el nivel de precios en Colombia, por ejemplo, debe ser igual al nivel de precios en Estados Unidos multiplicado por el tipo de cambio. Aquí se halla una falencia en la PPA, debido a que, para que se deba cumplir este supuesto, los precios que se están relacionando deben ser de una misma canasta de bienes y servicios, lo cual no siempre se aplica en la realidad, puesto que los países tienen diferentes características socioeconómicas y por lo tanto sus canastas de bienes representativos son diferentes. “Por ejemplo, muchos productos que en Estados Unidos son considerados como típicos (como los zapatos deportivos Nike o los cereales Kellogs) y entran en la canasta representativa, en Colombia pasan por lujos y no son comprados por la mayoría de las familias”<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup>LEVI, Maurice D. Manual de Finanzas Internacionales, Tomo II “Paridad y riegos Cambiarios.Pág.265

<sup>18</sup> GRACIA, R. Enrique. La Teoría de la Paridad del Poder Adquisitivo, 2002

Por el contrario, la PPA relativa no se refiere a los niveles de precios, sino a la relación existente entre los índices de inflación y sus tasas de cambio. Según este enfoque, el tipo de cambio debe ajustarse a la diferencia de las tasas de inflación entre dos países.

Sin embargo, aunque para efectos de investigaciones y estudios se utiliza la PPA relativa, ésta se cumple raras veces, en primer lugar porque los tipos de cambio son más volátiles (menos estables) que los precios. Los países buscarán que el tipo de cambio crezca a un mayor ritmo que la inflación para hacer más competitivos los precios de sus productos. Si el tipo de cambio crece a menor ritmo que la inflación, el país pierde competitividad internacional. Por otra parte, a pesar de una clara tendencia hacia la globalización económica, las estructuras nacionales de precios difieren entre sí de manera considerable.

En el ámbito internacional, la literatura referente a este tema es, obviamente, mucho más amplia, se citarán, entonces algunos aportes, tales como, Mahdavi y Zhou (1994) quienes afirman que existen dos implicaciones importantes para la interpretación de la PPA relativa, por una parte, el no cumplimiento de la PPA relativa está indicando que las variaciones en los precios están causadas por factores reales y, por otra parte, que es más fácil encontrar paridad en contextos inflacionarios, que en economías con precios estables.

Cancelo, Fernández, Rodríguez, Urrestarazu y Goyeneche (1998), en una investigación realizada para analizar el comportamiento de la PPA en el Mercosur plantean que factores potencialmente explicativos del largo plazo distintos a los considerados en la PPA, como factores reales causados por choques tecnológicos o cambios en las preferencias, inciden sobre el comportamiento a largo plazo del Tipo de Cambio Real.

Le Clech (2004), implementa el modelo de determinación del Tipo de Cambio conocido como Paridad del Poder Adquisitivo(PPA) para el caso de Argentina, tomando como patrón el tipo de cambio con el dólar estadounidense, en el cual realiza modelos de cointegración para corroborar el cumplimiento de la PPA entre las dos monedas.

### **Modelo de tipo de cambio a largo Plazo a partir de la PPA:**

Existe otra forma más amplia de evaluar la situación de la empresa, para ofrecer una interpretación más detallada de la realidad, incluyéndole el Tipo de Cambio Real al cálculo de la TRM, esto resulta congruente debido a que el TCR recoge una ponderación relativa de los precios de una determinada cesta de productos producidos y consumidos en cada país por individual. Es en este punto en el que debemos aclarar un poco más acerca de la TCR para poder entender su relación estrecha con el modelo de la PPA a largo plazo.

En el caso de la TCR se debe tener especial atención en lo mencionado anteriormente, el nivel de precios de Colombia recogerá una ponderación relativamente elevada de los productos producidos y consumidos aquí, mientras que el nivel de precios de Estados Unidos recogerá una ponderación elevada en los productos producidos y consumidos ahí. Es decir, la TCR es el precio relativo de dos cestas de productos, mientras que la TRM es el precio relativo de dos monedas.

Ahora bien, teniendo bien claro el concepto de TCR y los precios a utilizar en este caso, procederemos a expresarla como:

$$TCR = \frac{TRM * P_{usd}}{P_{col}} \quad (3)$$

Donde la TRM es la tasa de cambio nominal y P<sub>usd</sub> y P<sub>col</sub> son los niveles de precios de Estados Unidos y Colombia respectivamente.

A partir de esta ecuación se analiza que el peso se *deprecia* en términos reales con respecto al dólar cuando la TCR aumenta, ya que el poder adquisitivo de Colombia en comparación con Estados Unidos disminuye, es decir nuestros bienes y servicios se hacen más baratos con respecto a Estados Unidos, en cambio cuando la TCR disminuye el peso tendría una *apreciación real* en relación al dólar.

La teoría de la determinación la TRM a largo plazo está implicada en la siguiente ecuación, la cual obtenemos despejando la TRM de la ecuación (3) así:

$$TRM_{LP} = TCR * \frac{P_{cop}}{P_{usd}} \quad (4)$$

Donde la TCR es la Tasa de cambio Real del peso con respecto al dólar, multiplicado por el cociente de los niveles de precios de Colombia y Estados Unidos.

Esta fórmula expresa la TRMLP en forma absoluta y en su forma relativa después de un año se expresaría de la siguiente manera:

$$\Delta TRM = \left[ \left( \frac{1 + \pi_{cop}}{1 + \pi_{usd}} \right) * (1 + \Delta TCR) \right] - 1 \quad (5)$$

Ante lo descrito anteriormente se hace necesario traer a colación aportes significativos que se han hecho acerca de la importancia y el comportamiento en la Tasa de Cambio Real y Nominal, en un contexto tanto nacional e internacional.

Como evidencia nacional, encontramos que Arias y Zuleta (1997) señalan que “los determinantes más importantes del tipo de cambio real en la economía colombiana, se pueden definir como la tasa de cambio nominal, el gasto público, los choques petroleros, los flujos de capital, los choques de gasto privado, la productividad relativa entre el sector transable y el sector no transable y los términos de intercambio”<sup>19</sup>.

A su vez, en un trabajo de Calderón (1995) se encuentra que la tasa de cambio nominal y la tasa de cambio real no están cointegradas, razón por la cual no existiría un equilibrio de largo plazo entre ambas.

Un aporte muy significativo realizado en Colombia fue la elaboración de un ejercicio para medir qué partes de un choque monetario tiene efectos reales de largo plazo<sup>20</sup>. Para responder esta pregunta se construyó, como es usual en la literatura económica, un modelo de vectores autorregresivos de tipo estructural, en el cual se puso como restricción el cumplimiento del principio de la PPA relativa en el largo plazo y el resultado obtenido fue que en el periodo del año 1970 al 1993 el 96% de las variaciones cambiarias reales tienen origen en choques de tipo real. Carrasquilla y Arias (1996).

---

<sup>19</sup> ARIAS, Andrés F. ZULETA, Hernando. Tasa de Cambio Real e Inversión: La experiencia de 1990-1996. Bogotá, Colombia, Serie “Borradores Semanales de Economía” N°076, Julio 1997.

<sup>20</sup> Carrasquilla, A. Galindo A. y H. Patrón, (1994) “Devaluación Nominal, Tasa de Cambio Real e Inflación: Un enfoque estructural. en Mercado de Capitales XIV Simposio (1994) ASOBANCARIA

Y como último ejemplo colombiano, cabe citar a Huertas (2005) quien plantea que:

“la teoría económica ha encontrado que puede existir una relación no lineal entre la TCR y desviaciones de la PPP, que explique un retorno diferente hacia su tendencia de largo plazo. Diversos estudios encuentran en los costos de transacción una explicación del por qué de este comportamiento. Por ejemplo, Dumas (1992) y Sercu (1995) desarrollaron modelos de equilibrio general suponiendo costos proporcionales de transacción, y observaron que el ajuste de la TCR hacia la PPP es necesariamente no lineal, donde la velocidad de dicha reversión, depende de la magnitud del desalineamiento. En este contexto, cuando se dan grandes desviaciones, las fuerzas del mercado hacen que la TCR tienda a retornar con gran velocidad a su nivel de equilibrio. No obstante, a medida que el desalineamiento se reduce, dicha velocidad de reversión también disminuye en forma no lineal, a tal punto, que pequeñas desviaciones de la TCR son muy persistentes, ya que ciertos costos, como el de transporte, las superan ampliamente”<sup>21</sup>.

## **0.5 DISEÑO METODOLÓGICO**

**0.5.1 Tipo de Investigación:** El tipo de investigación que desarrollaremos en este trabajo es de grado es descriptiva.

---

<sup>21</sup> HUERTAS CAMPO, Carlos A., “Tasa de Cambio Real de Colombia: un enfoque empírico no lineal”. Octubre de 2005.

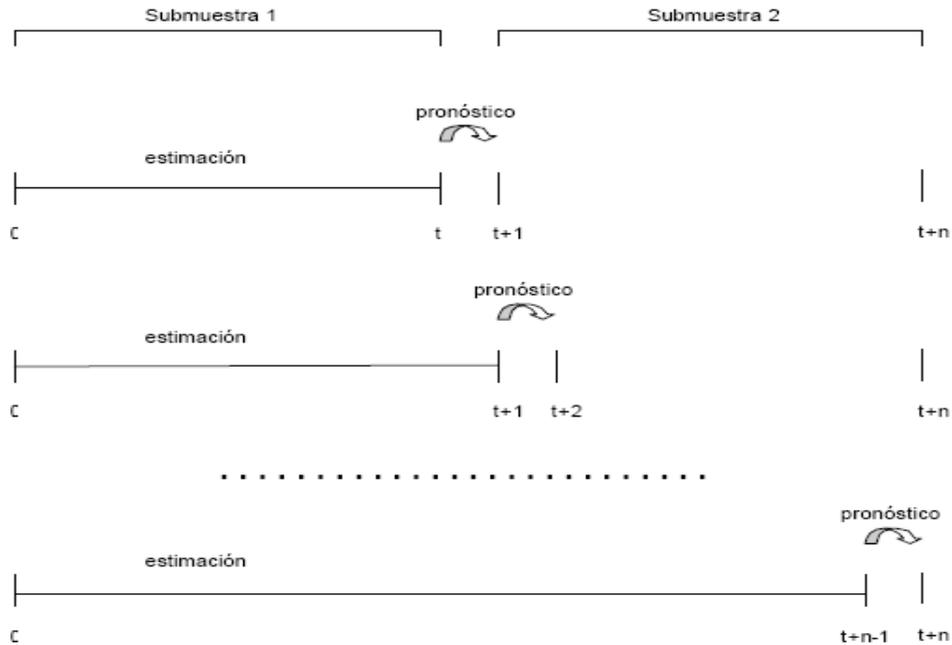
Se estudiarán las teorías que respaldan el cálculo de la TRM bajo condiciones de PPA, al mismo tiempo se estudiará la evidencia empírica existente de esta teoría a nivel nacional e internacional; de este modo, analizar cómo se ha venido aplicando la TRM en los cálculos de proyecciones financieras de las empresas y los modelos utilizados para hacerlo, y las posibles repercusiones de las crisis que han experimentado algunos países en años recientes con respecto a la volatilidad de la TRM.

Así mismo, se utilizará la técnica econométrica denominada Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), la cual utilizaremos para proyectar la TCR y TRM, y estos resultados incluirlos en la ecuación (5). Esto se logrará incorporando otras variables de tipo macroeconómico que ayuden a disminuir el error entre lo estimado y la realidad, es decir a que los datos se ajusten mejor. Para las estimaciones se implementará la técnica “rolling”<sup>22</sup> para pronósticos fuera de muestra, como se muestra en la figura 1.

---

<sup>22</sup> Ésta técnica consiste en primera medida estimar el modelo correspondiente a la submuestra 1, luego se toma lo estimado para proyectar, en este caso, la TCR del siguiente mes, esto se sigue haciendo hasta el punto de agotar la submuestra 2.

Figura 1 **DIAGRAMA DE ROLLING**



Fuente: Tomado de Utrera, Gastón. "Una aproximación de métodos econométricos para pronosticar la inflación de Argentina" 2004, p 4.

“El horizonte del pronóstico se define como la cantidad de periodos entre hoy y la fecha del pronóstico que se elabora. Por ejemplo, si se cuenta con datos anuales y si estamos en 1997, un pronóstico del PIB para 1999 tendría que tener un horizonte de pronóstico de dos etapas. El significado de una etapa depende de la frecuencia de observación de los datos. Para los datos mensuales, una etapa es de un mes; para los datos trimestrales es de un trimestre y así sucesivamente. En general, se habla de un pronóstico de  $h$  etapas a futuro, para el cual el horizonte  $h$  está a discreción del usuario”<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> DIEBOLD, Francis X. Elementos de pronósticos. México D. F : International Thomson Editores, 1999, p. 36.

Se escogerá una muestra de 10 años (120 meses) y se dividirá en dos submuestras, la primera es el periodo de estimación y abarca 96 meses, mientras que el periodo de validación consta de 24 meses y de esta forma, se realizará una comparación de los datos obtenidos al aplicar el modelo con los verdaderamente ocurridos. Esto se justifica en que algunos autores recomiendan utilizar un 80% de la muestra o algo menos como el periodo de estimación del modelo, con lo cual se mejora la evaluación de la capacidad predictiva del modelo. Con base en lo anterior, el horizonte de pronóstico quedaría fijado en  $h = 1$ , para los cuales cada año tendrá 12 etapas, puesto que los datos los trabajaremos de forma mensual.

El conjunto de información es muy importante puesto que ayuda a determinar la calidad de los pronósticos, se entiende por éste el conjunto de los valores de las variables desde el período 1 hasta el último año efectivamente observado, al cual podríamos llamar  $T$ ; en nuestros cálculos utilizaremos más de dos variables por lo que vamos a utilizar el conjunto multivariado de información, el cual se simboliza de la siguiente forma:

$$\Omega_T^{\text{multivariado}} = \left\{ \begin{array}{l} TRM_T, \pi cop_T, \pi usd_T, TCR_T, EXP_T, PTRAT_T, PnoTRA_T, IMPSEC_T, \\ PPI_T, TRM_{T-1}, \pi cop_{T-1}, \pi usd_{T-1}, TCR_{T-1}, EXP_{T-1}, PTRAT_{T-1}, PnoTRA_{T-1}, \\ IMPSEC_{T-1}, PPI_{T-1}, \dots, TRM_1, \pi cop_1, \pi usd_1, TCR_1, EXP_1, PTRAT_1, \\ PnoTRA_1, IMPSEC_1, PPI_1 \end{array} \right\} \quad (6)$$

Donde:

*TRM*= Tasa de cambio nominal.

$\pi_{cop}$  = Inflación de Colombia.

$\pi_{usd}$ = Inflación de Estados unidos.

*TCR*= Tasa de Cambio de Real.

*EXP*= Exportaciones totales (FOB). Total tradicional y no tradicional.

*PTRA*= Principales productos tradicionales de exportación (FOB).

*PnoTRA* = Principales productos no tradicionales de exportación (FOB).

*IMPSEC*= Importaciones según uso o destino económico (CIF).

*PPI*= Principales productos de importación (CIF).

*Reserv* = Reservas Internacionales

Éstas variables tendrán una periodicidad mensual que va desde el año 1995 hasta el año 2005 puesto que los años posteriores a este en algunas de las variables, son presentados de manera proyectada y no efectivamente ocurridos.

Se consideró tomar estas variables macroeconómicas, puesto que hacen parte de las cuentas de la balanza comercial informadas por el Banco de la República, además tiene sentido lógico incluirlas como determinantes de la TRM puesto que la balanza comercial refleja las transacciones de comercio exterior que tiene el país con el resto del mundo, manifestando los flujos monetarios que aquí se transan.

Para la evaluación de los pronósticos, luego de haber estimado los modelos utilizaremos las siguientes medidas de evaluación la raíz del error cuadrático medio (RMSE), Error absoluto medio (MAE) y el (MSE), éstas medidas nos permitirán medir la diferencia promedio entre los valores pronosticados y el observado. A su vez utilizaremos la *U-theil*<sup>24</sup> la cual compara los errores de pronóstico de un modelo con los de una caminata aleatoria.

---

<sup>24</sup> La U-theil se define como:

$$U - theil = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i)^2 + \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (y_i)^2}}$$

Entre más cercano a cero, mejor es la predicción.

## 1. VOLATILIDAD DE LA TASA DE CAMBIO: EVIDENCIA EMPÍRICA NACIONAL E INTERNACIONAL

Para empezar, indagemos sobre el significado financiero de la volatilidad, Vilan (2006) lo expresa de la siguiente forma: “Se asume que detrás de cada transacción financiera existe confianza. No obstante, cualquier evento que pudiera provocar cambio (asumiendo que el cambio es impredecible) fomentará la incertidumbre y pondrá a prueba dicha confianza<sup>25</sup>”. La volatilidad es un proceso en el cual la tasa de cambio, para nuestro caso, experimenta cambios no esperados, lo cual hace que tanto el Gobierno como las empresas de cada país se mantengan atentas a estas variaciones que son, de alguna forma incontrolables, pero que se deben prever para tratar de recibir el menor impacto posible.

En el mundo se han visto muchos casos de crisis debido a la excesiva volatilidad de los tipos de cambio; nos disponemos entonces a realizar una revisión de los casos más importantes a nivel internacional y observar las consecuencias que ocasionaron a sus respectivos países.

El efecto tequila<sup>26</sup> fue la crisis económica de mayor impacto en la economía *mexicana*, la cual desencadenó otras crisis en países Latinoamericanos y tuvo

---

<sup>25</sup> VILAN, Diego. Volatilidad financiera e incertidumbre electoral en América Latina: Perspectivas para 2006. Publications EconSouth V.8, N°.2. Obtenido el 14 Agosto 2007

<sup>26</sup> Denominado de esta forma porque el Tequila es la bebida nacional mexicana y a las crisis se les acostumbra denominarla con algo tradicional del país. También conocido como “Error de Diciembre”.

muchas repercusiones mundiales. Ocurrió en México en 1994 y fue ocasionada por la falta de reservas internacionales y causando la devaluación del peso.

En el año 1995 los efectos de esta crisis se extendieron a otros países, como *Argentina*, en donde se acarrió una gran fuga de capitales, que amenazó al Gobierno de ese país, específicamente, el programa “Ley de Convertibilidad”<sup>27</sup> .

Las consecuencias de esta *crisis en Brasil* hacia finales de 1998 fueron catastróficas para su balanza comercial, ya que años anteriores se había observado en superávit y desde la fecha de la crisis se volvió deficitaria, bajaron las reservas internacionales, se retiraron de forma masiva capitales del país.

En *Perú* de igual modo la crisis internacional tocó puertas a partir de 1998 afectando sus exportaciones como consecuencia de falta de capital para invertir pues los bancos nacionales empezaron al restringir créditos a consecuencia de la gran fuga de capitales por la incertidumbre de inversionistas y recorte de créditos otorgados por los bancos internacionales, restringiendo aún más la entrada de capital a este país.

En general, para toda América Latina se observó un menor crecimiento debido al devastador efecto de la crisis de México, Campodónico (1994) expresó que habría una disminución en el crecimiento a un nivel promedio de 3.1%, el más bajo a nivel mundial.

---

<sup>27</sup> Esta Ley establece una Paridad fija de un dólar igual a un peso argentino. Tomado de Campodónico, Humberto, artículo titulado “Después del efecto Tequila ¿qué? Tercer Mundo Económico, tendencias & análisis.1994.

Por otra parte, se dio la *crisis del sudeste asiático*, la cual empezó en julio de 1997 cuando el gobierno de Tailandia dispuso una devaluación del 18%, y dejar flotante su tasa de cambio, esto provocó fuertes corridas entre los varios países asiático, esta crisis se expandió rápidamente, debido al fuerte vínculo financiero, comercial y productivo de países del este, tales como, Malasia, Singapur y Filipinas, también con devaluaciones importantes.

A su vez, podemos mencionar para esta época la *crisis Rusa* la cual se originó en parte a consecuencia de la crisis asiática. Aunque Rusia mostraba ser una economía no muy fuerte ésta recibió por parte de la comunidad internacional muchos préstamos, por lo que al llegar la crisis asiática, y ante el temor de los prestamistas, se vio una fuga masiva de capitales para el año 1998 la cual conllevó a Rusia a una deuda externa bastante grande.

Colombia también sufrió mucho con las crisis latinoamericanas ocurridas por la volatilidad en los tipos de cambio, debido a la corrida que se presentó y a la incertidumbre en toda América Latina, esto en nuestro país también influyó para que se presentaran fuga de capitales, según Reid (2002), en una entrevista con la BBC, la crisis del sur desató un contagio y una incertidumbre general, aunque cada país debía tomar diferentes estrategia para salir de estas situaciones de manera individual.

En general, estas crisis traen, además de las consecuencias económicas ya expuestas, un nivel de incertidumbre alto en las empresas nacionales, las cuales pierden competitividad en el exterior, incidiendo de manera negativa en la economía del país y buscando otras alternativas de consecución de capital, para tratar de sobrevivir en el mercado.

## **1.1 CONSECUENCIAS DE LA VOLATILIDAD DE LA TRM EN LOS ESTADOS FINANCIEROS DE LAS PYMES EN COLOMBIA.**

El tipo de cambio que existe en Colombia, es un tipo de cambio flotante<sup>28</sup>, lo que nos indica que está determinado por la oferta y demanda de las divisas que se cotizan en el país. Ante sus fluctuaciones las empresas deben buscar estrategias para protegerse y que sus ganancias no se vean afectadas por dichos cambios; financieramente las empresas generalmente intentan recaudar su cartera en divisa antes de que esta pierda valor, es decir, se deprecie, y pagar sus deudas antes de que esta empiece a subir o apreciarse.

Ante esta situación es indispensable que empresas como las PYMES tengan acceso a proyecciones de variables tan fundamentales como la TRM, TCR e inflaciones de ambos países, es decir, el de la divisa (generalmente Estados Unidos) y la inflación local. Estas proyecciones deberían ser al menos trimestralmente, a fin de que puedan prever su situación con respecto a la volatilidad de la tasa de cambio y que puedan tomar las mejores decisiones de modo que sus utilidades no sufran grandes pérdidas.

El acceso a las proyecciones de las variables anteriormente mencionadas debe ser público, puesto que las PYMES no tienen el presupuesto suficiente para financiar este servicio con entidades que los hagan, ni pueden montar un departamento que se encargue única y exclusivamente de hacerlo y realizar los respectivos análisis. Añádase a esto la compra de la licencia de los programas que se necesitan para llevar a cabo este tipo de proyecciones, de hecho para

---

<sup>28</sup> Desde Septiembre de 1999 Colombia adoptó este régimen de tipo de cambio en reemplazo del sistema que existía anteriormente de banda cambiaria.

manejarlos se requieren de profesionales cuya calificación profesional es muy costosa para una PYME.

Se debe ser consciente de los riesgos que están corriendo las PYMES importadoras y exportadoras de Colombia al estar exentas del acceso a esta información, ya que por ejemplo, una PYME importadora corre el riesgo de que el dólar suba y termine necesitando más pesos para pagar sus deudas que los que había destinado al momento de hacer sus cálculos hace al menos un año atrás lo que lo motivó a realizar sus procesos de importación sin saber lo que iba a estar ocurriendo en el mercado mientras transcurría el año. Así mismo ocurre con las PYMES exportadoras pero de forma contraria.

La volatilidad de la tasa de cambio hace que el riesgo cambiario sea mucho mayor en las economías que no son muy estables como la colombiana, puesto que sus consecuencias hacen que dichos cambios afecten de manera más fuerte a sus empresas. Como resultado, las PYMES tendrán mayor dificultad de transferir este riesgo a otros agentes. Una de las alternativas más utilizadas por las PYMES para resguardarse del riesgo cambiario consiste en jugar con su margen de intermediación dado que ello le permite decidir a quién trasladar el riesgo cambiario. Por un lado, la pyme puede transferir el riesgo a sus proveedores por medio de la compra de sus insumos a un menor precio, o a sus clientes por medio de la venta de sus productos terminados, a un precio más alto.

Las expectativas de las PYMES juegan un papel crucial al momento de tomar decisiones y con ellas garantizar su supervivencia en el mercado, “ya que muchas Pymes basan sus expectativas en análisis poco profundos, que podrían llevarles a perder oportunidades de cobertura que beneficiarían en gran medida sus

finanzas.”<sup>29</sup> Añadamos, pues, que existen diferentes alternativas financieras que actualmente se les están ofreciendo a las pequeñas y medianas empresas tales como derivados, créditos a muy bajos intereses, con buenos plazos de pago, para lo cual es indispensable que estas empresas cuenten con buenas proyecciones de sus estados financieros y en particular de la tasa de cambio.

---

<sup>29</sup> GIL BUELVAS, Yania Cristina y ARROYO VERBEL, Norma Inés. Subutilización del mercado de derivados en Colombia: evolución y perspectivas de los mecanismos de cobertura cambiaria. Cartagena, 2008. Monografía (Finanzas y Negocios Internacionales). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.

## 2. EL MÉTODO DE VECTORES AUTORREGRESIVOS (VAR): UNA APROXIMACIÓN EMPÍRICA A LA MODELACIÓN ECONÓMICA DE LA TASA DE CAMBIO REAL EN COLOMBIA, 1995-2005

El modelo de vectores autorregresivos (VAR), hace parte de los modelos de regresiones múltiples, los cuales tienen más de una o dos variables endógenas; estos modelos son usualmente considerados eficientemente más como un sistema, que como ecuaciones simples.

“Los Vectores Autorregresivos han provisto una exitosa técnica para hacer pronósticos en sistemas de variables de series de tiempo interrelacionadas, donde cada variable ayuda a pronosticar a las demás variables. VAR es también frecuentemente utilizado, aunque con considerable controversia en el análisis del impacto dinámico de diferentes tipos de perturbaciones y controles fortuitos en sistemas de variables. Un VAR es un sistema de variables que hace de cada variable endógena una función de su propio pasado y del pasado de otras variables endógenas del sistema. El estudio de las interacciones dinámicas estimadas es una de las motivaciones fundamentales de los usuarios de los modelos VAR y, de hecho, los usos típicos de estos modelos reflejan esta motivación. Tales usos son el computo de las funciones impulso-respuesta y de la descomposición de la varianza del error de predicción. Las implicaciones dinámicas del modelo estimado dependerán evidentemente de la estructura de correlaciones contemporáneas reflejada en la matriz de perturbaciones”<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> TRUJILLO CALAGUA, Gustavo Herminio. Economista de la Universidad Nacional Federico Villareal Lima-Perú. Maestría en Economía Matemática y Doctor en Economía por Virginia State University, Blacksburg – USA. “*Instrumentalización de la Metodología de Vectores Autorregresivos (VAR)*”. <http://www.monografias.com/trabajos15/raices-vectores/raices-vectores2.shtml>

El modelo de Vector Autoregresivo – o VAR- es una extensión multivariada de un modelo autorregresivo univariado. Por ejemplo, consideremos dos variables  $y_{1t}$  y  $y_{2t}$ . En un VAR,  $y_{1t}$  está relacionado con sus propios rezagos, y éstos con los de  $y_{2t}$ , y similarmente  $y_{2t}$  está relacionado con sus rezagos y los de  $y_{1t}$ .

Un VAR tiene dos dimensiones: la longitud u orden,  $p$ , que es igual al mayor de los rezagos incluido en la autorregresión; y el número,  $k$ , de las variables existentes modeladas conjuntamente.

Un VAR de orden  $p$  en  $k$  variables se expresa de la siguiente forma:

$$y_t = \mu + \Pi_1 y_{t-1} + \Pi_2 y_{t-2} + \dots + \Pi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (7)$$

O

$$A(L)y_t = \mu + \varepsilon_t \quad (8)$$

Donde  $A(L) = I - \Pi_1 L - \dots - \Pi_p L$  y el  $\Pi_i$  son  $k \times k$  matrices de coeficientes.

Por ejemplo, el modelo de Vectores Autorregresivos de orden 3 en 2 variables endógenas e incluyendo la constante sería:

$$Y = a_0 + b_1 Y_{t-1} + b_2 Y_{t-2} + b_3 Y_{t-3} + b_4 X_{t-1} + b_5 X_{t-2} + b_6 X_{t-3} + X_1 \quad (9)$$

$$X = a_1 + b_{13} Y_{t-1} + b_{14} Y_{t-2} + b_{15} Y_{t-3} + b_{16} X_{t-1} + b_{17} X_{t-2} + b_{18} X_{t-3} + X_2 \quad (10)$$

Este modelo puede reescribirse con notación de sumatoria:

$$Y_t = a_1 + \sum_{j=1}^3 b_j Y_{t-j} + \sum_{j=1}^3 d_j X_{t-j} + x_{1t} \quad (11)$$

$$X_t = a_2 + \sum_{j=1}^3 f_j Y_{t-j} + \sum_{j=1}^3 l_j X_{t-j} + x_{2t} \quad (12)$$

El VAR debe tener la propiedad de estacionariedad para que las técnicas de inferencia estándar puedan ser válidas.

La metodología de VAR no está exenta de críticas, una de ellas es que existe un *trade-off* entre el número de variables que son incluidas en un VAR y el número de grados de libertad que quedan en la muestra. Al incluir más variables en el modelo se debe mejorar la especificación del mismo, pero ocurre que por cada variable añadida los grados de libertad de la estimación se reducen significativamente<sup>31</sup>.

## 2.1 RESULTADOS VAR

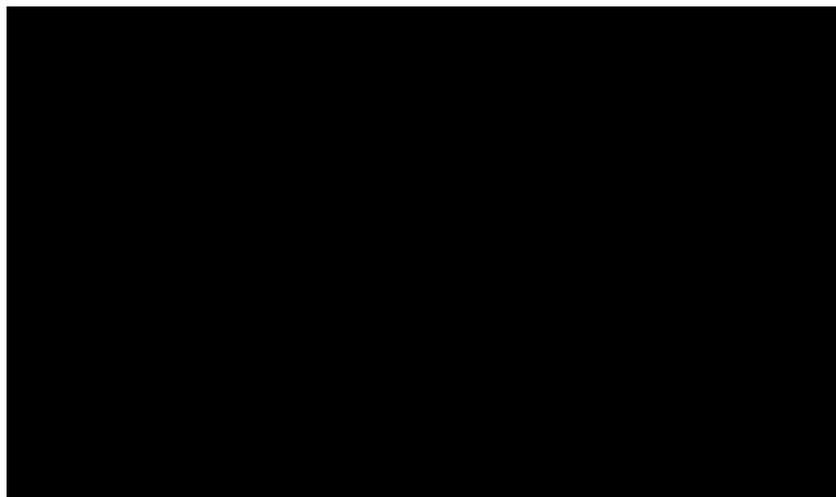
Antes de llevar a cabo las medidas de predicción para el modelo de Tasa de Cambio propuesto, es necesario determinar el orden de integración de los procesos generadores de los datos empleados en el análisis. Si las series fuesen no-estacionarias, esto acarrearía problemas debido a que no se podría estimar un proceso autorregresivo usando esos datos. Para lo anterior, inicialmente se analiza la estacionariedad de las series por medio de las pruebas de Dickey – Fuller

---

<sup>31</sup> SIMS, Christopher. Reseña de "Empirical analysis of macroeconomic time series: VAR and structural models: by Michael P. Clements and Grayham E. Mizon" en *European Economic Review*, 35, 4 (1991), citado por PATTERSON, Kerry. *An Introduction to Applied Econometrics: a Time Series approach*. Palgrave McMillan, 2000.p. 645.

Aumentada. Los resultados de estas pruebas, tanto para los niveles de las series como para sus primeras diferencias, son reportados en las siguientes tablas:

**Tabla 1 . Prueba de raíz unitaria**



\* Nivel de significancia 10%

Fuente: Cálculos de los Autores.

Las estimaciones del ADF se realizaron estimando la ecuación para cada variable con rezago y con tendencia, el número de rezagos<sup>32</sup> incluidos en  $p$ , fue de 62, para evaluar la significancia de este rezago se utilizó la distribución normal al 10%<sup>33</sup>. Si el rezago es estadísticamente diferente de cero se prueba si los errores son ruido blanco, si no son ruido blanco, se reduce el número de rezagos en 1 y se repite el proceso. De esta forma se encontró el valor crítico y el estadístico para empezar el algoritmo de dolado (ver anexo B) y concluir si las variables tenían raíz unitaria o no, y el orden de integración para cada una

---

<sup>32</sup> Tomado en referencia al procedimiento sugerido por: PEÑA, Bernardo; ESTAVILLO, Julio; GALINDO, Maria Esther; LECETA, Maria jose y ZAMORA, Maria del Mar. Cien ejercicios de econometría. Edición pirámide, 1999.

<sup>33</sup> Tomado en referencia al procedimiento sugerido por: PHILIP, Hans Franses. Time series models for business and economic forecasting. Camdridge: Camdridge university, 1998. p. 84. . Algunos autores utilizan otro nivel de significancia, nuestros cálculos se hicieron al 10% por sugerencia en este texto.

de ellas al momento de incluirlas en el VAR. Los resultados se observan en la tabla # 2.

**Tabla 2. Resultados Algoritmo de Dolado.**

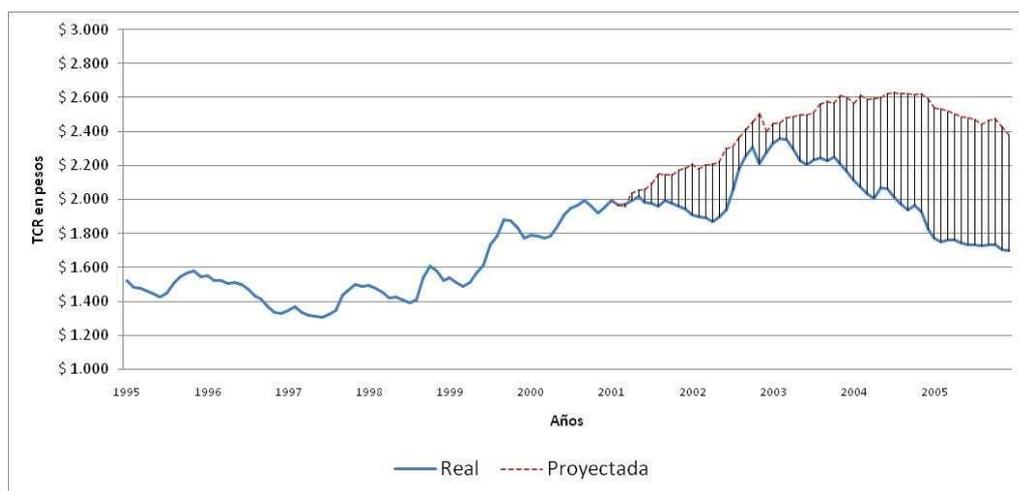
VARIABLES	No. DE REZAGOS OPTIMOS	MODELO	CONCLUSION
Total Exportaciones	21	Sin constante, sin tendencia	No Tiene Raíz Unitaria
Exportaciones Trad.	24	Con constante y tendencia	No Tiene Raíz Unitaria
Exportaciones no Trad.	30	Con constante, sin tendencia	No Tiene Raíz Unitaria
Total Importaciones	36	Con constante y tendencia	No Tiene Raíz Unitaria
Inflación de Colombia	62	Con constante, con tendencia	No Tiene Raíz Unitaria
Inflación de USA	33	Con constante, con tendencia	No Tiene Raíz Unitaria
TRM	33	Con constante, sin tendencia	No Tiene Raíz Unitaria
TCR	31	Sin constante, sin tendencia	No Tiene Raíz Unitaria
Reservas	33	Con constante y con tendencia	No Tiene Raíz Unitaria

Fuente: Cálculos de los Autores.

Luego de haber obtenido los resultados necesarios para cada una de las variables, se estimó el VAR y se evaluaron los resultados para cada modelo elaborado, se hicieron las respectivas evaluaciones de los pronósticos para escoger el mejor modelo, el cual arrojó como resultado la proyección de la TCR presentada en la figura # 2. Los resultados de la evaluación de los pronósticos son enseñados en el subcapítulo siguiente.

En la gráfica se puede observar cómo los tres primeros meses proyectados resultan similares a los históricos, de ahí en adelante, de acuerdo a la tendencia que tenía la serie durante los años atrás, la serie proyectada sigue una tendencia creciente, captando sin embargo los cambios en declives o auges que tiene la TCR, como por ejemplo a finales del 2002, principios del 2003. Al finalizar el 2003 hasta el 2005, se observa un desfase mucho mayor de la predicción.

**Figura 2. TCR histórica vs TCR proyectada**



Fuente: Cálculo de los autores con base en datos del Banco de la República.

En esta grafica se puede observar que la proyección tuvo un margen de error creciente en el tiempo, sin embargo se observa que los tres primeros meses acertaron relativamente en la proyección, a partir del cuarto mes el pronóstico del VAR empieza a desfasarse considerablemente, no obstante la tendencia de la TCR histórica fue captada por la proyección del VAR, por ejemplo, al inicio del 2002 captó su tendencia creciente, el declive a finales de este mismo año y la tendencia decreciente a partir del 2004. Lo anterior es consistente con los resultados que han obtenido los profesionales y expertos en finanzas en relación a sus pronósticos, ya que ellos coinciden en afirmar que por muy buenos que sean éstos acerca de la tasa de cambio solo serán confiables los realizados a un horizonte. Con ello se pudo concientizar en que el trabajar con datos diarios hubiese mejorado considerablemente nuestras proyecciones.

## 2.2 EVALUACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS

Los métodos que se utilizaron en la evaluación de pronóstico fueron MSE, RMSE, MAE, y U-Theil. RMSE es una medida de desviación de la variable proyectada de su curso en el tiempo, la U-theil es una medida empleada para evaluar la capacidad de pronóstico, este coeficiente mide la RMSE del error en términos relativos. Éstos índices entre menores son es mejor el pronóstico. En donde cada una de ellas está definida por las siguientes fórmulas:

$$MSE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_{t+h,t}^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_{t+h,t}^2}$$

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_{t+h,t}|$$

$$U - theil = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i)^2 + \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (y_i)^2}}$$

Donde  $e_{t+h,t} = y_{t+h} - \hat{y}_{t+h,t}$  son los errores de predicción. Estos criterios nos indican que entre menor sea el resultado calculado mejor será la proyección.

Los resultados obtenidos de los anteriores métodos se pueden observar en las siguientes tablas:

**Tabla 3. Evaluación de Pronósticos para modelos VAR.**

Horizonte 1				
	MSE	RMSE	MAE	U-THEIL
Modelo 1	245,352.69	495.33	521.28	0.11
Modelo 2	219,065.44	468.04	495.90	0.11
Modelo 3	254,088.01	504.07	543.79	0.11

Horizonte 2				
	MSE	RMSE	MAE	U-THEIL
Modelo 1	578,568.33	760.64	719.85	0.16
Modelo 2	465,650.78	682.39	643.91	0.15
Modelo 3	576,257.88	759.12	736.76	0.16

Horizonte 3				
	MSE	RMSE	MAE	U-THEIL
Modelo 1	526,907.24	725.88	607.31	0.16
Modelo 2	525,444.74	724.88	611.03	0.16
Modelo 3	553,904.64	744.25	652.63	0.16

Horizonte 4				
	MSE	RMSE	MAE	U-THEIL
Modelo 1	420,769.51	648.67	493.47	0.14
Modelo 2	459,544.91	677.90	533.94	0.15
Modelo 3	501,568.29	708.21	587.38	0.15

Fuente: Cálculo de los Autores.

Observando todos los resultados entre los tres horizontes y por cada modelo, se detalla los siguientes resultados: el MSE con menor valor arrojado se encuentra en el modelo 2 con horizonte 1, el RMSE con menor valor fue el mismo modelo con el mismo horizonte, el mejor MAE se observa en el modelo 1 con horizonte 4, y la U-theil con menor valor se observa en el modelo 2 con horizonte 1. De acuerdo a la mayoría de resultados decidimos escoger como mejor proyección el modelo 2 con horizonte 1 por tener éste la mayoría de mejores resultados en los métodos de evaluación de pronósticos, el cual incluyó las siguientes variables: INFUSD, PPI, TCR, TRM, EXPO, INFCOL.

**Tabla 4. Evaluación de Pronósticos para TRM simulada.**

TRM simuladas	MSE	RMSE	MAE	U-THEIL
<i>Escenario A:</i> TRM_VAR (inf_var,tcr_var)	164,127,117.23	12,811.21	10,225.66	0.73
<b>Escenario B:</b> TRM inf_VAR (inf_var, tcr_hist)	389,580.07	624.16	524.93	0.11
<i>Escenario C:</i> TRM con TCR_VAR (inf_hist, tcr_var)	82,122,354.05	9,062.14	7,458.82	0.66
<i>Escenario D:</i> TRM relativa_promedio TCR (inf_var, tcr_promedio)	74,170,389.34	8,612.22	6,865.13	0.65

Fuente: Cálculo de los Autores.

En la Tabla # 4 de evaluación de pronóstico para la TRM simulada, los menores valores para cada uno de los indicadores se encuentran en el modelo B que se calcula con unas inflaciones de Colombia y Estados Unidos proyectadas por VAR y la TCR histórica. Mostrando que, al tener una TCR muy cerca a la realidad el modelo mejora considerablemente, y que es de vital importancia para una PYME contar con una proyección de esta variable lo suficientemente certera a fin de poder proyectar una TRM con un porcentaje de error mucho menor.

Sabiendo que actualmente no existen proyecciones oficiales y no oficiales de la TCR, se decidió adicionar el modelo de la PPA que incluye solo las inflaciones (formula 2), el cual es el comúnmente utilizado por las empresas para estimar la TRM, para el cual obtuvimos los siguientes resultados:

**Tabla 5. Evaluación de Pronostico para Modelo Sencillo**

TRM simulada	MSE	RMSE	MAE	U-THEIL
<b>Escenario modelo simple:</b> TRM simple_VAR (infl proy_var)	94,421,419.08	9,717.07	7,686.26	0.68

Fuente: Cálculo de los autores

Entre los modelos estudiados anteriormente, el simulado con formula (5) y el modelo simple, es notorio que solo existirían tres escenarios posibles y accesibles para las PYMES, el primero lo encontramos en el escenario A, donde hipotéticamente la PYME tiene las proyecciones de todas las variables, el segundo es el escenario D, en el cual tiene las inflaciones de Colombia y Estados Unidos y el promedio de los 5 últimos años de la TCR, y el tercero sería bajo las condiciones de un escenario con modelo simple, donde se tendrían las inflaciones proyectadas de ambos países. Entre todos ellos de acuerdo a su porcentaje de error mostrado en la tabla # 6, para los dos primeros meses le convendría a una PYME tener en sus manos una herramienta como VAR para pronosticar la TRM, si no tiene acceso a lo anterior, tomar el promedio de la TCR y calcular la formula (5), o tomar proyecciones únicamente y calcular formula (2). A Largo plazo por ejemplo a dos años vemos de acuerdo a la tabla #6 que el mejor modelo que podría tomar una PYME sería el escenario D con un 66.50% de error a dos años.

**Tabla 6. Porcentaje de error para cada modelo de TRM**

TRM simuladas	Error mes 1	Error mes 2	Error mes 3	Error promedio trimestre TRM	Error promedio a dos años (2001-2002)
<b><u>Escenario A</u> : TRM_VAR (inf_var,tcr_var)</b>	<b>3.26%</b>	<b>6.05%</b>	<b>13.96%</b>	<b>7.76%</b>	<b>92.76%</b>
<u>Escenario B</u> : TRMinf_VAR (inf_var, tcr_hist)	0.33%	0.55%	2.14%	1.01%	9.62%
<u>Escenario C</u> : TRM con TCR_VAR (inf_hist, tcr_var)	2.92%	6.64%	11.57%	7.04%	74.66%
<b><u>Escenario D</u>: TRM relativa_promedio TCR (inf_var, tcr_promedio)</b>	<b>4.13%</b>	<b>7.33%</b>	<b>10.73%</b>	<b>7.40%</b>	<b>66.50%</b>
<b><u>Escenario modelo simple</u>: TRM simple_VAR (infl proy_var)</b>	<b>4.35%</b>	<b>7.78%</b>	<b>11.44%</b>	<b>7.86%</b>	<b>71.37%</b>

Fuente: Cálculo de los autores

Para una mayor claridad de lo descrito anteriormente resumimos en las siguientes tablas los mejores modelos en orden de mejores resultados para una PYME :

**Tabla 7. Mejores Modelos para PYME de acuerdo al porcentaje de error**

TRM simuladas	Error mes 1	Error mes 2	Error mes 3	Error promedio trimestre TRM	Error promedio a dos años (2001-2002)
<b>Escenario D:</b> TRM relativa_promedio TCR (inf_var, tcr_promedio)	4.13%	7.33%	10.73%	7.40%	66.50%
<b>Escenario modelo simple:</b> TRM simple_VAR (infl proy_var)	4.35%	7.78%	11.44%	7.86%	71.37%
<b>Escenario A:</b> TRM_VAR (inf_var,tcr_var)	3.26%	6.05%	13.96%	7.76%	92.76%

Fuente: Cálculo de los Autores

**Tabla 8. Mejores modelos para PYME de acuerdo indicadores de evaluación de pronósticos**

TRM simuladas	MSE	RMSE	MAE	U-THEIL
<b>Escenario D:</b> TRM relativa_promedio TCR (inf_var, tcr_promedio)	74,170,389.34	8,612.22	6,865.13	0.65
<b>Escenario modelo simple:</b> TRM simple_VAR (infl proy_var)	94,421,419.08	9,717.07	7,686.26	0.68
<b>Escenario A :</b> TRM_VAR (inf_var,tcr_var)	164,127,117.23	12,811.21	10,225.66	0.73

Fuente: Cálculo de los Autores

En la tabla #7 el mejor modelo de acuerdo al promedio de error a dos años es el que incluye inflaciones proyectadas por VAR y la TCR promedio de los cinco últimos años, el segundo mejor, es el modelo simple, y el tercer mejor con el mayor de los errores es en el que se incluye las inflaciones y la TCR proyectadas en VAR, observando que al sacar la TCR del modelo con todo proyectado mejora considerablemente reduciéndose de un 92.76% a un 71.37%. En la tabla # 8 de acuerdo al MSE el mejor modelo es el que incluye inflaciones proyectadas por

VAR y la TCR promedio de los cinco últimos años, de acuerdo al RMSE el mismo modelo, de igual modo para MAE y U-theil. De los tres mejores modelos el más adecuado para proyectar la TRM es el sugerido en el escenario D.

Sorprendentemente el modelo más simple resulta mucho mejor, que el método más sofisticado, el modelo con las variables estimadas con VAR. Además encontramos que no se deben hacer proyecciones a tan largo plazo, lo cual se evidencia en que los promedios del error de las proyecciones a dos años futuros fue impreciso sin importar cual modelo o escenario se eligiese. Esta imprecisión se refleja en que el error promedio a dos años (2001-2002) crece exponencialmente.

### **3. ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE LA PPA EN REFERENCIA A LAS PROYECCIONES DE LA TASA DE CAMBIO**

Luego de hacer las regresiones y cálculos del VAR, se aplicó estos resultados a la fórmula (5) de la PPA presentadas en este documento, no solo se hicieron proyecciones de la TCR sino también de la inflación de Colombia y Estados Unidos<sup>34</sup>, con ello realizamos diferentes gráficos comparativos en los que podemos evidenciar qué tan eficiente es la fórmula con los datos calculados, a fin de que ésta pueda ser utilizada por los empresarios de las PYMES para proyectar sus estados financieros. Adicionalmente, se explican algunas dificultades que se encontraron al realizar los cálculos econométricos.

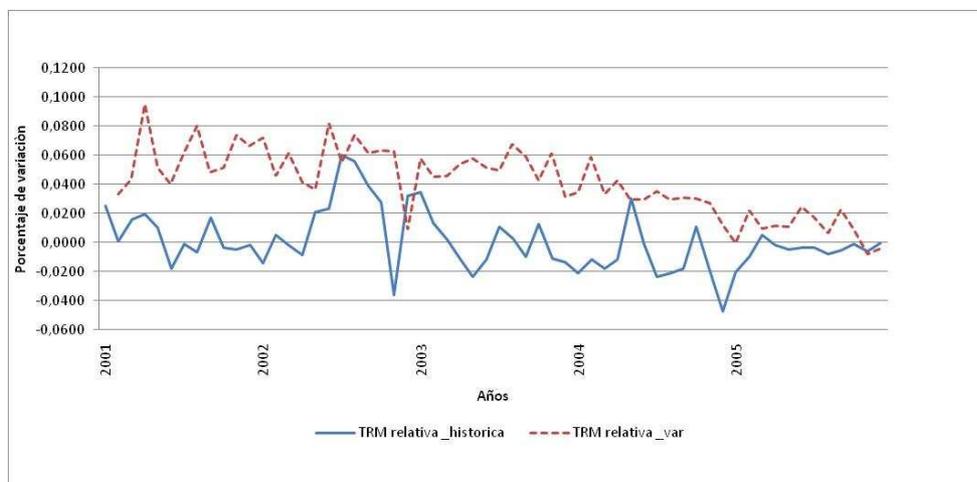
#### **3.1 ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE LA PPA BAJO LOS CÁLCULOS OBTENIDOS EN VAR**

El primer escenario (Escenario A) que se realizó fue el de la TRM histórica con la de una TRM simulada, la cual se calculó de la siguiente forma: En la ecuación (5), se incluyó los valores proyectados con VAR de la inflación de Colombia, de Estados Unidos, y la variación de la TCR, a esta la llamamos TRM\_VAR. Es decir, en el caso hipotético en donde una PYME tiene las proyecciones de todas las variables. Se puede observar que la TRM simulada o TRM\_VAR se encuentra distanciada significativamente de la TRM histórica. Sin embargo, la TRM simulada tuvo a su favor el presentar una volatilidad relativamente baja en comparación con la TRM histórica. Esto se puede observar en la figura # 3.

---

<sup>34</sup> La serie escogida se hizo bajo los mismos criterios utilizados en la escogencia del modelo de la TCR, es decir, modelo 2 con horizonte 1.

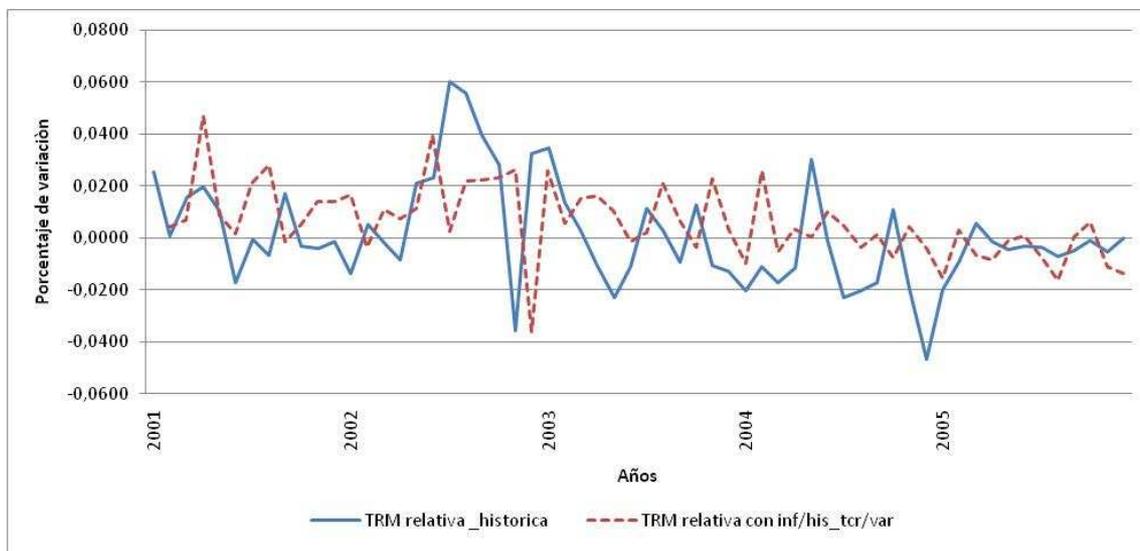
**Figura 3. Escenario A: TRM \_histórica vs TRM \_VAR**



Fuente: Cálculo de los autores con base en datos del Banco de la República.

El segundo escenario (Escenario C) que se realizó fue el de la TRM histórica con la de una TRM simulada, la cual se calculó de la siguiente forma: En la ecuación (5), se incluyó la TCR proyectada con VAR y las inflaciones históricas tanto de Colombia como de Estados Unidos. Esto se hizo bajo el hipotético caso de que las PYMES contaran con proyecciones de inflaciones perfectas, es decir, idénticas a la realidad y una TCR tomada de una proyección elaborada por algún experto en finanzas. Se puede observar en el figura # 4 que las variaciones porcentuales difieren de la anterior gráfica, mejorando considerablemente, esto nos afirma que es importante que las proyecciones de las inflaciones para las PYMES deben ser lo suficientemente acertadas para obtener al menos este tipo de resultados.

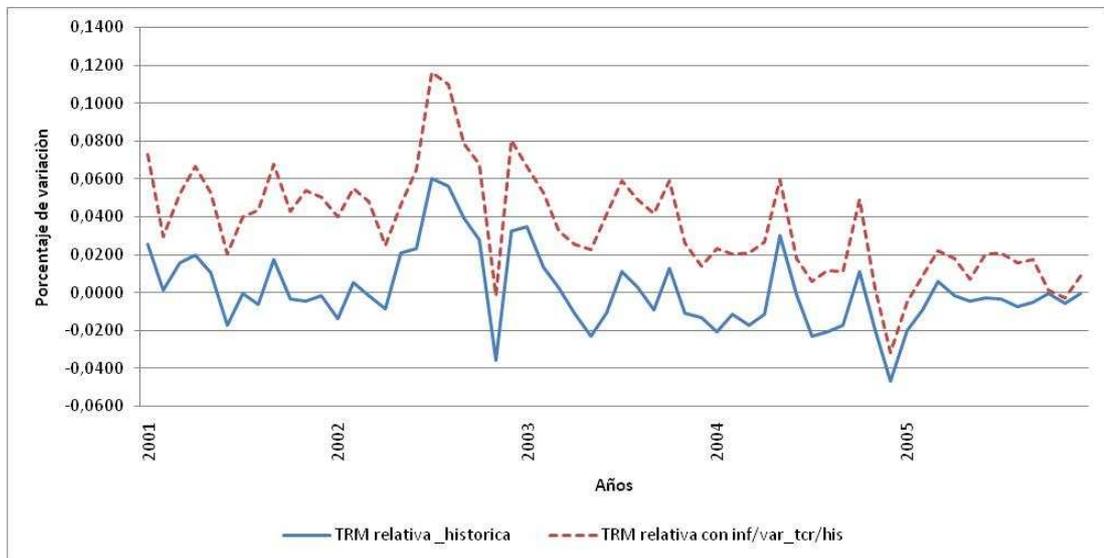
**Figura 4. Escenario C: TRM histórica vs TRM con TCR \_VAR (simulada)**



Fuente: Cálculo de los autores con base en datos del Banco de la República.

El tercer escenario (Escenario B) que se realizó fue la de la TRM histórica con la de una TRM simulada, la cual se calculó de la siguiente forma: En la ecuación (5), se incluyó la TCR histórica y las inflaciones proyectadas tanto de Colombia como de Estados Unidos. Es decir, bajo el caso hipotético que una PYME tenga proyecciones perfectas o idénticas a la realidad de la TCR y las inflaciones obtenidas de la COLDI, Bancolombia, metas de inflación del Banco de la República, etc.,. En la figura #5 vemos que las oscilaciones o ciclicidad de la proyección son significativamente cercanas a las de la TRM histórica, afirmando que, teniendo unas buenas proyecciones de la TCR, los cálculos de la TRM por medio de la fórmula de la PPA son mucho más exactos en cuanto a la tendencia y ciclicidad, aunque se trabajen con inflaciones poco precisas, es decir, las PYME podrían trabajar con las inflaciones meta que propone el Banco de la República o proyecciones no oficiales y se tendría un buen resultado, siempre y cuando las proyecciones de la TCR sean bastante buenas, por ende es preciso anotar la propuesta de hacer proyecciones oficiales de la TCR de forma pública y de fácil acceso para este tipo de empresas.

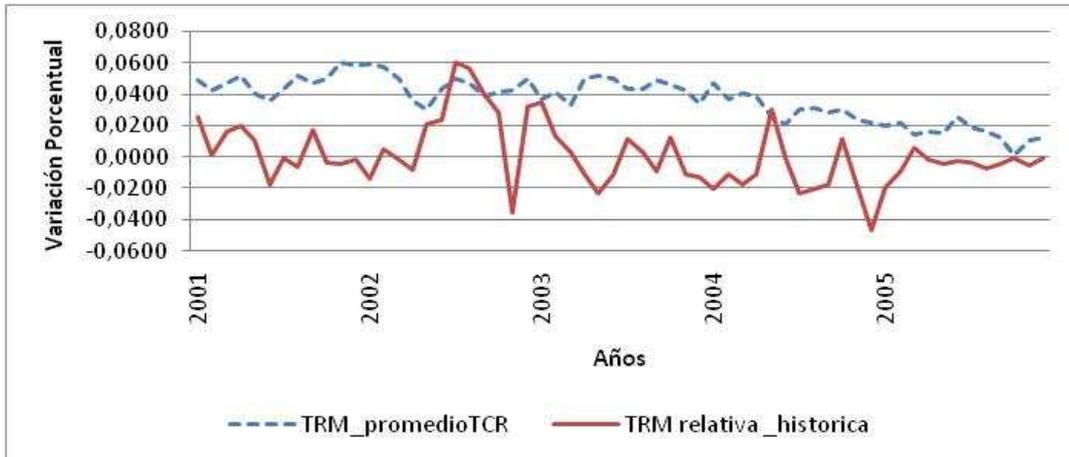
**Figura 5. Escenario B: TRM histórica vs TRM inf\_VAR (simulada)**



Fuente: Cálculo de los autores con base en datos del Banco de la República.

Los anteriores escenarios solo plantean la situación en que la PYME tenga una proyección de la TCR, una solución a ello podría ser en el caso de no tenerla, tomar el promedio de los últimos 5 años, con este escenario obtenemos los resultados observados en la figura # 6, en la que el comportamiento de la TRM simulada (calculada con el promedio de la TCR) es totalmente diferente a la histórica, la ciclicidad que presenta esta proyección es poco variable en el tiempo y no capta de forma significativa los ciclos en los cuales se presentan grandes declives o en su defecto, auges.

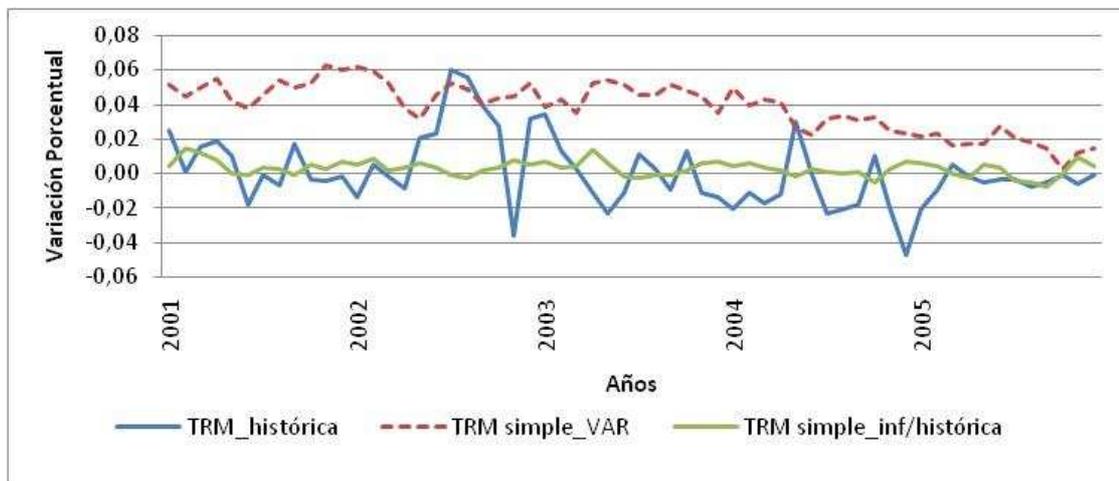
**Figura 6. Escenario D: TRM relativa histórica vs TRM relativa \_ promedio TCR**



Fuente: Cálculo de los autores con base en datos del Banco de la República.

Un último escenario (Escenario D) plantearía la mayoría de los casos en la realidad, en donde una PYME solo cuenta con las inflaciones proyectadas no oficiales, e inflaciones meta del Banco de la República como su opción de toma de datos para estas variables, incluyéndolas para calcular la TRM en la formula (2). Se ha tomado las proyecciones de VAR de las inflaciones para Colombia y Estados unidos para obtener lo que se ha llamado TRM simple, es decir, la calculada por la formula (2), y con ella comparar en la figura # 7 la TRM histórica vs TRM simple\_VAR vs TRM simple\_inf/histórica.

**Figura 7. Escenario Modelo simple: TRM histórica vs TRM simple \_VAR vs TRM simple \_inf/histórica.**



Fuente: Cálculo de los autores con base en datos del Banco de la República.

En la figura # 7 se observa que, la TRM que mejor se acomoda a las ciclicidades de la TRM histórica es la calculada con las inflaciones obtenidas por VAR y que la obtenida con las inflaciones históricas es la menos acertada.

### **3.2 DIFICULTADES PARA ESTIMAR TRM Y TCR**

Al terminar de realizar nuestros cálculos de VAR, podemos describir las dificultades con las cuales una PYME puede encontrarse a la hora de realizar este tipo de estimaciones. A continuación describiremos cada una de ellas:

- a. Para poder hacer un pronóstico es necesario aplicar a las series una metodología de detección de raíz unitaria usando el algoritmo de Dolado<sup>35</sup>, que requiere de los conocimientos de un econometrista especializado. La dificultad radica en que en cada etapa del algoritmo de Dolado, se requiere utilizar pruebas de hipótesis y recurrir a tablas especializadas según la etapa de la prueba en la que se esté. Además, en los libros y en la literatura, no existe claridad respecto a qué tablas se deben utilizar para hacer este algoritmo.
  
- b. Para estimar un VAR se quiere de software econométricos que no están al alcance de cualquier persona o bajo presupuesto como con los que cuentan las empresas PYME.
  
- c. Para elegir el mejor modelo se debieron realizar pruebas estadísticas con diferentes rezagos: criterios de información de Akaike, normalidad, heteroscedasticidad, prueba de estabilidad de las raíces, y pruebas para detectar si los residuos del modelo son ruido blanco. Estas pruebas sólo se pueden conocer si la persona que las realiza ha cursado al menos un curso de series de tiempo.
  
- d. Para estimar pronósticos con la técnica de rolling, se requirió de programar en STATA la rutina de estimación. En otros software, como Eviews, el procedimiento tardaría una cantidad de tiempo considerable.

---

<sup>35</sup> Este algoritmo consiste de una serie de pasos lógicos que fueron diseñados para maximizar la probabilidad de acertar en la detección de raíces unitarias y no-estacionariedad en una serie de tiempo. El nombre de este procedimiento se debe a uno de los autores que lo creó, el econometrista Juan Dolado. Véase DOLADO, Juan; JENKINSON, Tim and SOSVILLA-RIVERO Simon. Cointegration and unit roots. En: Journal of economic surveys. No. 4 (1990); p. 249-273

e. Para hacer pronósticos a diferentes horizontes, también se requirió de programar en STATA la rutina de estimación. En otros software, como Eviews, el procedimiento tardaría una cantidad de tiempo considerable.

Los cálculos de la TRM y TCR a la hora de pronosticar a más de un mes se hace difícil el hecho de acertar muy cercanamente al valor real para ese momento determinado sin incurrir en programas estadísticos que ayuden con la operación, todo ello debido a que la TCR y la TRM no son constantes en el tiempo y sus fundamentales varían mucho dependiendo el entorno económico que se esté presentando en el momento, de hecho existen muchos de ellos que suceden sin que la economía pudiese siquiera haberlos previstos, tal es el caso de desastres naturales o atentados terroristas por ejemplo.

Con todo esto, podemos deducir que un problema común para realizar este tipo de cálculos es el acceso a la información y por supuesto desarrollar la metodología pertinente, es por ello que a continuación se incluirá un cuadro en donde resumidamente se mostrará información de acceso a las variables utilizadas en este trabajo y las que comúnmente se necesitan para realizar proyecciones de los estados financieros en las PYMES.

Además en este trabajo se quiere brindar a las PYMES al menos el porcentaje de error que pueden estar incurriendo al utilizar para sus pronósticos el modelo de PPA relativa para la TRM.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> Por medio de la siguiente fórmula:

$$\Delta TRM_{LP} = \left[ \left( \frac{1 + \pi_{cop}}{1 + \pi_{usd}} \right) * (\Delta TCR) \right] - 1$$

### 3.3 AYUDAS PARA PYMES CON RESPECTO A VARIABLES

**Tabla 9. Disponibilidad de la información acerca de las variables, Agosto 2008.**

VARIABLES	LINK	ENTIDAD	AÑO INICIO DE SERIE	PERIODICIDAD	¿EXISTE PROYECCIÓN OFICIAL?
TRM	<a href="http://www.banrep.gov.co/economia/ctanal1sec_ext.htm">http://www.banrep.gov.co/economia/ctanal1sec_ext.htm</a>	Banco de la República	1950	mensual y diaria	No
TCR	<a href="http://www.banrep.gov.co/economia/ctanal1sec_ext.htm">http://www.banrep.gov.co/economia/ctanal1sec_ext.htm</a>	Banco de la República	1987	mensual	No
Importaciones	<a href="http://www.businesscol.com/economia/balanza2.htm">http://www.businesscol.com/economia/balanza2.htm</a>	Banco de la República	1970	mensual	No
Exportaciones Tradicionales	<a href="http://www.businesscol.com/economia/balanza2.htm">http://www.businesscol.com/economia/balanza2.htm</a>	Banco de la República	1970	mensual	No
Exportaciones no tradicionales	<a href="http://www.businesscol.com/economia/balanza2.htm">http://www.businesscol.com/economia/balanza2.htm</a>	Banco de la República	1970	mensual	No
Inflación de Colombia	<a href="http://www.businesscol.com/economia/precios.htm#DATOS">http://www.businesscol.com/economia/precios.htm#DATOS</a>	Banco de la República	1993	anual y mensual	No
Inflación de Estados Unidos	<a href="http://inflationdata.com/inflation/Consumer_Price_Index/HistoricalCPI.aspx">http://inflationdata.com/inflation/Consumer_Price_Index/HistoricalCPI.aspx</a>	Bureau Of Labor Statistics Data	1914	anual y mensual	No
Reservas Internacionales	<a href="http://www.banrep.gov.co/economia/ctanal1sec_ext.htm">http://www.banrep.gov.co/economia/ctanal1sec_ext.htm</a>	Banco de la República	1960	mensual	No
Exportaciones	<a href="http://www.businesscol.com/economia/balanza2.htm">http://www.businesscol.com/economia/balanza2.htm</a>	Banco de la República	1970	mensual	No

Fuente: Búsqueda realizada por los autores.

Adicional a estos links, se pueden encontrar proyecciones, no solo datos históricos, en páginas de establecimientos financieros como Bancolombia, Visión Colombia 2019, y se encuentran las metas de inflación en los reportes del emisor del Banco de la república

#### 4. CONCLUSIONES

- De los tres mejores métodos simulados, el menos conveniente para una PYME son los modelos que tienen VAR, sin embargo, las pymes pueden usar las proyecciones o metas de entidades tales como Banco de la República, DNP, Departamentos de estudios económicos de grandes empresas, como por ejemplo: Grupo aval, Bancolombia, etc., entendiendo que, éstas últimas entidades lo hacen usando metodología avanzada tipo VAR con estimaciones de mayor rigurosidad que las aquí desarrolladas y por lo tanto los modelos hechos para calcular sus proyecciones con este tipo de metodología, se asimilarían a las proyecciones de las entidades públicas oficiales.
- Haciendo una comparación objetiva de los métodos de la evaluación de pronósticos, todos los modelos estimados arrojaron porcentajes de error muy altos, sin embargo, el escenario B representa ser el mejor, donde el modelo se calcula con inflaciones proyectadas por VAR y la TCR histórica. Este escenario no supone el cumplimiento perfecto de la PPA como se vio en la ecuación (5), debido a que no utiliza las inflaciones históricas sino proyectadas. La única solución para que este escenario sea una realidad es que el Banco de la República sea consciente de lo importante que es tener series proyectadas de la TCR y hacerlo de forma pública y de fácil acceso para empresas con pocos recursos como las PYMES.
- Eligiendo entre todos los modelos es notorio que solo existirían tres escenarios posibles y alcanzables para las PYMES. El primero lo encontramos en el escenario A, donde hipotéticamente la PYME tiene las

proyecciones de todas las variables, y no supone el cumplimiento perfecto de la PPA como se vio en la ecuación (5), ya que no utiliza valores históricos sino proyectados (como se dijo anteriormente, no recomendado por los costos y metodología difícil de desarrollar). El segundo es el escenario D, en el cual tiene las inflaciones de Colombia y Estados Unidos proyectadas (pudiéndose tomar las proyecciones de entidades mencionadas anteriormente) y el promedio de los 5 últimos años (2001 - 2005) de la TCR; este escenario no supone el cumplimiento perfecto de la PPA, dado que no utiliza ningún valor histórico. El tercero sería bajo las condiciones de un escenario con modelo simple, donde se tendrían las inflaciones proyectadas de ambos países, es decir en donde se supone el cumplimiento perfecto de la PPA bajo la ecuación (2). Se recomienda para ello, tener las mejores proyecciones confiables que se puedan obtener de entidades financieras reconocidas o instituciones públicas especializadas, en el caso de no poder elaborar sus propias estimaciones.

- Finalmente entre estos tres mejores modelos el más adecuado para proyectar la TRM es el sugerido en el escenario D. Con todos estos resultados sorprendentemente el modelo más simple resulta mucho mejor, que el método más sofisticado: el calculado con las variables estimadas en VAR; a pesar de que al profundizar en la investigación se supo de antemano que estos modelos, tanto el VAR como los propuestos en la PPA, solo son efectivos a corto plazo, (a uno o dos horizontes después del último dato), lo cual se evidencia en que los promedios del error de las proyecciones a dos años futuros fue impreciso sin importar cual modelo o escenario se eligiese. Esta imprecisión se refleja en que el error promedio a dos años (2001-2002) crece exponencialmente.

Para futuras investigaciones, recomendamos que se replique este ejercicio para otros países utilizando sus propias tasas de cambio reales, con el fin de observar si los resultados son consistentes con lo aquí encontrado. Sabemos que la Tasa de Cambio está disponible en periodicidad diaria, y se propondría calcular una proyección usando esa frecuencia, ante lo que esperaríamos mejoraría el modelo. En nuestro modelo, el periodo de validación de las proyecciones fue de 5 años (50% de la muestra), debido a ello, esperamos que otros trabajos repliquen el ejercicio con diferentes periodos de validación (e.g. 20% de la muestra).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARIAS, Andrés y ZULETA, Hernando. Tasa de Cambio Real e Inversión: La experiencia de 1990-1996. Bogotá, Colombia: Serie “Borradores Semanales de Economía” N°076, Julio. 1997. Disponible en internet: <http://www.banrep.org/docum/ftp/borra076.pdf>.
- ARANGO, Ana María et al; GIRALDO, Jorge; RUIZ, Iliana; SALINAS, Gilma y SANCHEZ, Viviana. Estudio Sobre los Problemas de los Exportadores. Medellín: Colombianos Universidad de Medellín. p. 197.
- ASOBANCARIA. La semana Económica. Publicación n° 495. 25 de febrero, 2005.
- BANCO DE LA REPÚBLICA. Indicadores Económicos de Cartagena. Publicación N° 23. I semestre, 2007. Disponible en internet: [http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/regional/ICER/cartagena\\_bolivar/2007/ICER-I-SEM-2007.pdf](http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/regional/ICER/cartagena_bolivar/2007/ICER-I-SEM-2007.pdf).
- BANCO DE LA REPÚBLICA. Informe de Coyuntura Económica Regional del Atlántico, 2006. Disponible en internet <http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/regional/ICER/atlantico/2006/Atlantico-ICER-I-Sem-2006.pdf>.

- BLANCHARD, Olivier. Macroeconomía. 2 Ed. Madrid: Pearson Educación S.A, 2000. p.345-401.
- CALDERÓN, A., "La Tasa de Cambio Real en Colombia: Mitos y realidades," Coyuntura Económica, Junio. 1995.
- CAMARA DE COMERCIO DE BARRANQUILLA. Indicadores Económicos de 2004. Disponible en internet: [http://www.camarabaq.org.co/cms/content.jsp?id=com.tms.cms.article.Article\\_f82c256d-c0a8fa20-1653a8e0-dab30745](http://www.camarabaq.org.co/cms/content.jsp?id=com.tms.cms.article.Article_f82c256d-c0a8fa20-1653a8e0-dab30745).
- CAMPODONICO, Humberto. 1994 "Después del efecto Tequila, ¿qué?". Red de Bancos, Tercer Mundo Economico: Tendencias y Análisis, 1994 <http://www.tercermundoeconomico.org.uy/TME-68/RedBancos01.html>.
- CARRASQUILLA, Alberto y ARIAS, Andrés. Tipo de Cambio Real en Colombia, ¿Qué pasó? Bogotá, Colombia: Serie "Borradores Semanales de Economía" N°064, Noviembre. 1996. Disponible en internet: <http://ideas.repec.org/p/col/000094/003644.html>.
- DAVILA, Ricardo Y VELEZ, Ignacio. Análisis y Planeación financieros, Valoración de Flujos de Caja: Proyecciones de los Estados financieros. Politécnico Gran Colombiano, 2000. <http://cashflow88.com/decisiones/gerfin/capitulo5.pdf>.

- DIEBOLD, Francis X. Elementos de pronósticos. México: International Thomson Editores, 1999.
- DUMAS, Bernard: "Dynamic Equilibrium and Real Exchange Rate in Spatially Separated World," Review of Financial Studies, 1992. vol. 5, No. 2, p. 153-180.
- GRACIA, R. Enrique. La Teoría de la Paridad del Poder Adquisitivo, 2002
- HIDALGO HIGUERA, Mauricio y VALENCIA DELGADO, José Julián. "Contrato de Agrupación empresarial: Un contrato para las Pymes". Bogotá, Septiembre de 2002, p 7. Departamento de derecho económico. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Jurídicas. Disponible en internet:  
<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/derecho/dere5/TESIS09.pdf>.
- HUERTAS, Carlos. Tasa de Cambio Real en Colombia: un enfoque empírico no lineal. Georgetown University. Mayo, 2004. Publicación "Borradores de Economía" 2005. Disponible en internet:  
<http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra359.pdf>.
- KRUGMAN, Paul y OBSTFELD, Maurice. Economía Internacional: teoría y política. 5 ed. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A, 2001. P 410.

- Programa de mejoramiento de la competitividad para Pymes (ProCIP). La clave del comercio: libro de respuestas para pequeños y medianos exportadores. 1º ed, 2002. Bogotá: Negocios Internacionales Ltda. P. 100.
- RODRIGUEZ, Astrid Genoveva. La realidad de la PYME Colombiana: Desafío para el desarrollo. FUNDES. Bogota, Colombia: septiembre del 2003. 186 p.
- LEVI, Maurice. Manual de Finanzas Internacionales, Tomo II "Paridad y riesgos Cambiarios, P. 265.
- LOSOVIZ, Pablo. "Crisis Financiera y Cambiaria en Asia" Ministerio de Economía y obras y servicios públicos. Notas de la Economía Real. Nº 5, Diciembre de 1997. Documento de internet: <http://www.asiayargentina.com/cep-ner5.htm>.
- Organización de los Estados Americanos (OEA). Oficina de Comercio, Crecimiento y Competitividad (OCCC). Los Retos de la competitividad y la Agenda Interna. Proyecto Sociedad Civil y Libre Comercio, 2004.
- PATTERSON, Kerry. *An Introduction to Applied Econometrics: a Time Series approach*, 2000. Palgrave McMillan.
- PONENCIA PYMES: Hacia una economía más humana para Latinoamérica. Primer encuentro internacional sobre las Pymes en el siglo XXI. 5 - 25 de julio, 2005.

- S. TJIA, Jhon. Building Financial Models: a guide to creating and interpreting financial statement. 1 ed, 2004. New York: McGRAW-HILL, 2004. P. 2.
- SERCU, PieT; UPPAL, Raman y VAND Hulle: "The exchange Rate in the Presence of Transactions Cost: Implications for Test of Purchasing Power Parity". *Journal of Finance*, 1995. vol. 50, No. 4, p. 1309-1319.
- VILAN, Diego. Volatilidad financiera e incertidumbre electoral en América Latina: Perspectivas para 2006. Publications EconSouth V.8, N°.2. Obtenido el 14 Agosto 2007. Documento de internet: <http://www.frbatlanta.org/invoke.cfm?objectid=B6C1D1BA-5056-9F12-12E7DFE97DC4863B&method=display>.
- PHILIP, Hans Franses. Time series models for business and economic forecasting. Camdrige: Camdrige university, 1998. p. 84.
- PEÑA, Bernardo; ESTAVILLO, Julio; GALINDO, Maria Esther; LECETA, Maria jose y ZAMORA, Maria del Mar. Cien ejercicios de econometría. Edición pirámide, 1999.
- WALTER, enders. Aplied econometrics time series. Ed. Wiley. Second edition, 2004.

<http://www.usergioarboleda.edu.co/PyMEs/noticia8.htm>

[http://www.finam.cl/contenidos/levante\\_pyme.htm](http://www.finam.cl/contenidos/levante_pyme.htm).

## **ANEXOS**

## ANEXO A. Conclusiones VAR

INFUSD D(PPI,2) D(TCR) D(TRM,2) D(PTRA,2) D(PNOTRA) INFCOL

MODELO 1	AIC	AR roots table	Residuos VAR_LM	NORMALIDAD	HETEROCEDASTICIDAD
VAR con rezago 1	-0.1409	estable	Ruido blanco	normal	no
VAR con rezago 2	-0.0865	estable	no ruido blanco		
VAR con rezago 3	-0.0423	estable	Ruido blanco	normal	no
VAR con rezago 4	0.0575	estable	Ruido blanco	normal	no
VAR con rezago 5	0.1346	estable	Ruido blanco	normal al 1%	NA
VAR con rezago 6	0.0691	Inestable			
VAR con rezago 7	0.1059	Inestable			
VAR con rezago 8	- 0.222219	Inestable			

INFUSD D(PPI,2) D(TCR) D(TRM,2) D(EXPO) INFCOL

MODELO 2	AIC	AR roots table	Residuos VAR_LM	NORMALIDAD	HETEROCEDASTICIDAD
VAR con rezago 1	-0.1561	estable	no ruidoblanco		
VAR con rezago 2	-0.1193	estable	ruido blanco	normal	no
VAR con rezago 3	-0.0950	estable	ruido blanco	normal	no
VAR con rezago 4	-0.0353	estable	ruido blanco	normal	no
VAR con rezago 5	0.0941	estable	ruido blanco	normal al 1%	no
VAR con rezago 6	0.1233	estable	ruido blanco	no normal	NA
VAR con rezago 7	-0.0121	estable	ruido blanco	no normal	NA
VAR con rezago 8	0.167245	inestable			
VAR con rezago 9	0.099205	inestable			

INFUSD D(PPI,2) D(TCR) D(TRM,2) D(PTRA,2) D(PNOTRA) INFCOL  
RESERV

<b>MODELO 3</b>	<b>AIC</b>	<b>AR roots table</b>	<b>Residuos VAR_LM</b>	<b>NORMALIDAD</b>	<b>HETEROCEDASTICIDAD</b>
VAR con rezago 1	-0.2831	Inestable			
VAR con rezago 2	-0.2300	estable	Ruido blanco	no normal	no al 1%
VAR con rezago 3	<b>-0.3611</b>	<b>Estable</b>	<b>Ruido blanco</b>	<b>normal</b>	<b>no</b>
VAR con rezago 4	<b>-0.3831</b>	<b>Estable</b>	<b>Ruido blanco</b>	<b>normal</b>	<b>no</b>
VAR con rezago 5	-0.3498	Estable	Ruido blanco	normal al 1 y 5%	N/A
VAR con rezago 6	-0.3859	Inestable			
VAR con rezago 7	-0.8678	Inestable			

## ANEXO B. Pasos para calcular el Algoritmo de Dolado

Estimate  $\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \alpha_2 t + \sum \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$

