



BANCO DE GUATEMALA

Documentos de Trabajo

CENTRAL BANK OF GUATEMALA

Working Papers

No. 73

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA MEDIR LA
EVOLUCIÓN DE LA TASA DE INTERÉS DE LAS
OPERACIONES DE ESTABILIZACIÓN MONETARIA**

Año 2003

Autores:

Juan Carlos Castañeda F.*

Juan Carlos Catalán H.*

Oscar Leonel Herrera V.*

*Departamento de Investigaciones Económicas
Banco de Guatemala





BANCO DE GUATEMALA

La serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala es una publicación que divulga los trabajos de investigación económica realizados por el personal del Banco Central o por personas ajenas a la institución, bajo encargo de la misma. El propósito de esta serie de documentos es aportar investigación técnica sobre temas relevantes, tratando de presentar nuevos puntos de vista que sirvan de análisis y discusión. Los Documentos de Trabajo contienen conclusiones de carácter preliminar, las cuales están sujetas a modificación, de conformidad con el intercambio de ideas y de la retroalimentación que reciban los autores.

La publicación de Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros de la Junta Monetaria del Banco de Guatemala. Por lo tanto, la metodología, el análisis y las conclusiones que dichos documentos contengan son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no necesariamente representan la opinión del Banco de Guatemala o de las autoridades de la institución.

*****©*****

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is a publication that contains economic research documents produced by the Central Bank staff or by external researchers, upon the Bank's request. The publication's purpose is to provide technical economic research about relevant topics, trying to present new points of view that can be used for analysis and discussion. Such working papers contain preliminary conclusions, which are subject to being modified according to the exchange of ideas, and to feedback provided to the authors.

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is not subject to previous approval by the Central Bank Board. Therefore, their methodologies, analysis and conclusions are of exclusive responsibility of their authors, and do not necessarily represent the opinion of either the Central Bank or its authorities.

Propuesta metodológica para medir la evolución de la tasa de interés de las operaciones de estabilización monetaria*

*Juan Carlos Castañeda F.
Juan Carlos Catalán H.,
Óscar Leonel Herrera V.*

Introducción

La tasa de interés es una de las variables económicas que recibe mayor atención por parte de economistas y agentes económicos en general. Su importancia e influencia dentro de un número esencial de actividades y aspectos cotidianos, que afectan la salud y el buen funcionamiento de una economía, hacen que la evolución de esta variable se siga de cerca en forma continua. Las decisiones de ahorro y consumo de las familias, las decisiones de inversión y acumulación de capital de las empresas y, prácticamente, cualesquiera decisiones intertemporales que deban realizarse en un momento dado, están determinadas —o al menos influenciadas— por las tasas de interés.

Por su parte, en el cumplimiento de su objetivo fundamental, el Banco Central afecta el mercado de fondos, participando constantemente en él a través de Operaciones de Estabilización Monetaria (OEM's), con lo cual afecta la liquidez de la economía. Actualmente el Banco de Guatemala (Banguat) ejecuta una parte importante de su política monetaria a través de OEM's, colocando Certificados de Depósito a Plazo (CDP's) cuando es necesario retirar liquidez del mercado, por lo que las tasas de interés de estos certificados representan el costo financiero de la política monetaria.

La importancia de hacer un seguimiento estricto de la evolución de la tasa de interés de las colocaciones del Banguat no se limita a su importancia como costo, sino va mucho más lejos. En primer lugar, de conformidad con la Resolución JM-303-2002 de la Junta Monetaria, la tasa de interés es una variable indicativa de la política monetaria; por ello, darle un seguimiento adecuado a la evolución de la tasa de interés de las OEM's es de suma importancia para la ejecución y la evaluación de la política monetaria. Además, la tasa de interés de los títulos emitidos por el Banco Central puede tener una influencia importante sobre el resto de tasas de interés de mercado.

Actualmente el Banguat le da seguimiento a la tasa de interés de las OEM's a través de promedios, ponderados por montos de los saldos y de las emisiones de títulos, de las tasas de interés correspondientes a los distintos plazos de tales títulos. En el caso de los saldos, la información que proporciona la tasa de interés promedio ponderado es valiosa y necesaria, puesto que brinda un estimado del costo medio de las colocaciones vigentes en una fecha determinada. En el caso de las emisiones, la información proporcionada por la tasa de interés promedio ponderado correspondiente también es necesaria y valiosa, pues representa el costo marginal de las OEM's. Sin embargo, si lo que se desea conocer es la evolución de la tasa de interés como precio de mercado (y no como costo medio o marginal de la política monetaria), el ponderar por montos las tasas correspondientes a los distintos plazos de las OEM's, período a período, introduce una distorsión al incorporar los efectos de los cambios en la estructura por plazo de los montos de certificados colocados.

* Trabajo preparado por los autores, quienes pertenecen al Departamento de Investigaciones Económicas del Banco de Guatemala (abril de 2003).

Por ejemplo, si se dividen hipotéticamente los CDP's en dos grupos: uno que incluye los certificados con vencimientos de menor plazo, y que pagan intereses bajos; y otro que incluye los certificados con vencimientos de mayor plazo, y que pagan intereses más altos, y se supone que en el período t se tiene una estructura de montos en la cual el 45% de los fondos corresponde al grupo que contiene los certificados de menor plazo y el 55% corresponde al grupo que contiene certificados de mayor plazo; si al pasar al período $t + 1$ esta estructura cambia y el 75% corresponde ahora al grupo de menor plazo; y el 25%, al grupo de mayor plazo, entonces la tasa de interés promedio ponderado registraría una disminución aun si las tasas de interés ofrecidas en cada plazo permanecieran sin variación. La disminución en el promedio ponderado se genera puesto que se le está asignando un mayor peso relativo (75%) al grupo de certificados de menor plazo, el cual ofrece rendimientos menores que el grupo de mayor plazo.

Es indispensable, entonces, generar algún tipo de metodología que sea capaz de eliminar la distorsión introducida por los cambios en la estructura de montos por plazo si se desea dar seguimiento a la tasa de interés de las OEM's como precio de mercado y contar con un indicador que muestre la evolución y tendencia de las tasas de emisión de títulos del Banco de Guatemala; con un promedio ponderado simple no es posible realizar dicho seguimiento sin correr el riesgo de interpretar mal los cambios y las tendencias de dichas tasas de interés. Por lo anterior, la presente nota intenta aportar dicha metodología y presentar un promedio ponderado de las tasas de interés sin distorsiones por los cambios en la estructura de montos por plazo.

I. Metodología

Como se mencionó en la introducción, el problema principal que surge cuando se da seguimiento a la tasa de interés de las OEM's a través de un promedio ponderado simple es que, en las variaciones calculadas sobre dicho promedio, existe información adicional a la de los cambios en las tasas de interés. La variabilidad de este promedio ponderado incluye, adicionalmente, variaciones en la estructura de montos por plazo de las colocaciones de CDP's que distorsionan la correcta percepción de la evolución de la tasa de interés. No es difícil abstraerse de dichos cambios en la estructura de montos por plazo; basta con establecer el peso relativo por montos de cada uno de los plazos y fijarlo sistemáticamente para toda la muestra que se esté analizando.

Una vez solventado el problema de cambios en la estructura de montos por plazo, se visualiza un problema adicional: que no en todos los períodos de la muestra se realizan colocaciones a todos los plazos. Esto implica que las series están incompletas, al no existir información de tasas para los plazos en los cuales no se realizaron colocaciones de CDP's en ciertas fechas. En otras palabras, se tienen datos inexistentes que introducen más distorsión al momento de dar seguimiento a la evolución de la tasa. Por ejemplo: la estructura temporal de la tasa de interés que se observa usualmente indica que a los plazos menores les corresponden tasas de interés relativamente bajas, en tanto que a los plazos mayores les corresponden tasas de interés relativamente altas.¹ Si en un período t se registran colocaciones en todos los plazos, mientras que en el período $t + 1$ sólo se efectúan colocaciones en plazos menores, esto podría provocar que el promedio ponderado simple registrara una disminución que podría ser mal interpretada como una caída de las tasas de interés, cuando en realidad la disminución provendría de que el promedio ponderado simple no contempla información sobre tasas que hubiesen sido pactadas al efectuarse colocaciones de títulos de plazos mayores. Si se contara con dicha información, es probable que el promedio ponderado simple no registraría tal disminución. Ahora bien, resolver este problema sí resulta difícil, puesto que se está enfrentando el problema de datos inexistentes que introducen en el promedio ponderado una mayor distorsión, que se puede denominar sesgo por datos faltantes. Este sesgo de datos faltantes es en realidad un caso extremo de la distorsión de cambios en la estructura de montos por plazo. Una opción para eliminar el sesgo que los datos faltantes introducen es hacer la mejor estimación posible de dichos datos. Se propone en el presente trabajo realizar la estimación interpolando los datos faltantes a través de un "polinomio hermitiano", cuyo procedimiento se explicará en detalle más adelante.

Una vez fija la ponderación y estimados los datos faltantes, es posible estimar un promedio ponderado (de ponderación fija) que represente exclusivamente la evolución de la tasa de interés, sin distorsión por cambios en la estructura de montos por plazo y sin sesgo por datos faltantes.

¹ Es posible observar tasas más bajas para algunos plazos con vencimientos más largos (por ejemplo: cuando los agentes económicos prevén una disminución futura de la tasa de interés real); sin embargo, esta situación es menos frecuente en la práctica.

El ponderador fijo

Se establece un ponderador fijo para cada plazo de emisión de CDP's, el cual es determinado por el peso relativo de los montos colocados en cada uno de los plazos durante el período completo de la muestra; es decir: se estima la ponderación fija con datos históricos de las colocaciones realizadas. Técnicamente puede representarse a través de la sumatoria de los montos emitidos para cada uno de los plazos, dividida dentro de la sumatoria de los montos emitidos para todos los plazos durante el período de la muestra:

$$PF_i = \frac{\sum_{t=1}^T M_{i,t}}{\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I M_{i,t}}$$

donde:

PF_i = Ponderador fijo correspondiente al plazo i
 $M_{i,t}$ = Monto emitido al plazo i en el período t .

De esta manera se obtiene una estructura de montos por plazo representativa de la muestra en estudio y, fijándola para cada una de las fechas que comprende la muestra, se elimina la distorsión que generan los cambios de estructura de montos por plazo.

Estimación por interpolación

A pesar de contar con una estructura fija de ponderadores, aplicando el procedimiento anterior, subsiste el problema de determinar qué tasa de interés debe aplicarse en los casos de los plazos para los cuales no hubo transacciones en determinado período (es decir: cuando se está en presencia del sesgo por datos faltantes). Resolver este problema no es trivial, puesto que no existe información respecto de aquellas tasas que hubiesen correspondido a los plazos no colocados, lo cual obliga a realizar la mejor estimación posible de estos datos inexistentes.

Existen algunos métodos a través de los cuales es posible obtener una buena aproximación. Uno de los métodos es el de **interpolación**, el cual consiste en elegir un polinomio aproximante que coincida con los valores de la función original en todos los puntos tabulares (observados) y que al mismo tiempo estime los valores de la función en los puntos no tabulares. También pueden realizarse aproximaciones con el método de **mínimos cuadrados**, el cual reduce

al mínimo la integral del cuadrado de la diferencia entre la función original $f(x)$ y su aproximación $y(x)$ sobre un conjunto discreto de puntos. Por último, es posible realizar aproximaciones a través del método de **error mínimo-máximo**, por medio del cual se trata de reducir al mínimo la diferencia entre la función y su aproximación.

La elección de uno de estos métodos, o de otros que no se mencionan, dependerá de los criterios que se usen para juzgar de eficaz a una aproximación dada. Para el problema que se está tratando, se consideró que el método más apropiado era el de **interpolación**, dado que ésta se realiza a través de polinomios, los cuales son funciones flexibles que logran un ajuste exacto en los puntos prescritos y estiman con un aceptable grado de exactitud los valores situados entre dos puntos tabulares.

Si bien se tomó la decisión de realizar estimaciones interpolando a través de un polinomio aproximante, fue necesario evaluar y decidir cuál de las distintas clases de estas funciones era la más apropiada para el problema específico de las tasas de interés de las colocaciones de CDP's del Banco de Guatemala. Para ello se efectuaron pruebas y se revisaron las propiedades de las distintas clases de estas funciones. Finalmente se llegó a la conclusión de que la función que más se adecua a las necesidades del presente problema es un "polinomio interpolante hermitiano cúbico", dado que este tipo de función elige las pendientes de los intervalos estimados de modo que preserven la forma y respeten la monotonicidad de la función original. Esto significa que, en los intervalos donde los datos son monotónicos, la función aproximante también lo es y, en donde los datos exhiben un extremo local, también lo hace el polinomio aproximante.

Seleccionados entonces el método de estimación y la clase de polinomio aproximante, es posible completar las series de tasas de interés para cada uno de los plazos. Básicamente se pretende considerar la tasa de interés de las OEM's del Banguat como una función del tiempo t . Se debe construir el polinomio $y(t)$ que aproxime a $f(t)$ en los puntos no tabulares, lo cual resultaría en un excesivo consumo de tiempo y en cálculos muy engorrosos si se realizara el procedimiento sin la ayuda de un computador. Afortunadamente, programas matemáticos como MATLAB están provistos de excelentes opciones para interpolar. De hecho, se puede utilizar dicho programa para identificar un "polinomio hermitiano cúbico" representativo para cada plazo y posteriormente efectuar la interpolación.

Básicamente, éste es el procedimiento a seguir para solucionar el problema de sesgo por datos faltantes. Sólo queda pendiente un detalle por mencionar, y es que al seleccionar la muestra para estimar una tasa promedio de ponderación fija —de aquí en adelante: Tasa Promedio con Ponderación Fija (TPPF)— es posible que en las fechas inicial y final de la muestra haya plazos sin colocaciones y, por consiguiente, no exista información sobre tasas para esos plazos en las fechas que constituyen los extremos de la muestra. El problema que esto introduce es que la interpolación, como su nombre sugiere, es estimar los valores que se encuentran entre dos “polos” o datos y, al no existir estos valores de los extremos, sería necesario extrapolar. La extrapolación no es problema si los valores a extrapolar son pocos y cercanos a los datos observados; sin embargo, si es necesario extrapolar muchos valores, y algunos o muchos de ellos están muy alejados de los datos observados, entonces la estimación puede dejar de ser adecuada.

Para algunos plazos podría bastar con extrapolar unos pocos valores y así completar la serie, pero para otros habría necesidad de extrapolar la mayoría de valores de la serie, lo cual provoca que la extrapolación no sea una opción aceptable. Como solución se propone estimar la estructura por plazos de las tasas de interés ubicadas en los extremos de la muestra y, de esta manera, obtener los “polos” para poder interpolar las series completas.

Factor de ajuste por interpolación

Hasta el momento se ha propuesto una ponderación fija que elimina la distorsión por cambios de estructura de montos por plazo y una estimación de los datos faltantes. Sin embargo, derivado del proceso anterior es posible obtener, por un lado, series cuya composición comprende muchos datos observados y muy pocos estimados; y por otro, series con la composición contraria (muy pocos datos observados y muchos estimados). Tomando en cuenta que las series de tasas de interés correspondientes a los plazos para los cuales se cuenta con muchas observaciones y pocas interpolaciones poseen más información valiosa acerca de la dinámica de la tasa de interés que las series que cuentan con pocas observaciones y muchas interpolaciones, se introduce un factor denominado *Factor de ajuste por interpolación* (FAI), el cual está diseñado para reducir o castigar la ponderación de los plazos con más datos estimados y dejar con más peso relativo a los plazos con mayor

número de datos observados. Técnicamente, el factor puede calcularse de la siguiente manera:

$$FAI_i = \frac{NO_i}{NT}$$

donde:

FAI_{*i*} = Factor de ajuste por interpolación correspondiente al plazo *i*.

NO_{*i*} = Número de períodos en los que hubo observación para el plazo *i*.

NT = Número total de períodos en la muestra.

Por construcción, el valor máximo que puede alcanzar este factor es la unidad si todos los datos son observados, en cuyo caso —al multiplicarlo por la ponderación respectiva— ésta queda sin variación. El resto de valores que puede tomar el FAI son necesariamente menores que la unidad; son cercanos a uno cuando existen muchos datos observados y cercanos a cero cuando existen pocos datos observados. Al multiplicar dicho factor por la ponderación fija respectiva, ésta disminuye según sea la carencia de datos observados de la serie en cuestión.

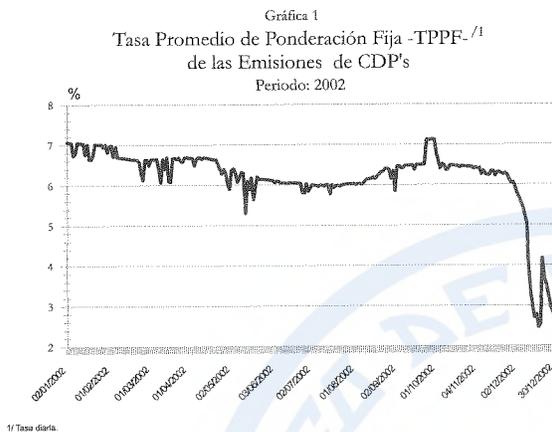
Resumiendo la metodología hasta el momento, se tiene: una ponderación fija preliminar que surge de dividir el monto emitido para cada plazo dentro del monto total emitido durante el período de la muestra. Dicha ponderación fija preliminar se multiplica por el factor de ajuste por interpolación, con lo cual se obtiene una ponderación fija preliminar ajustada por dicho factor. Esta ponderación debe ser normalizada para que la sumatoria de todas las ponderaciones así ajustadas y normalizadas sea igual a uno y, de esa manera, no subestimar la tasa de interés promedio resultante. Al normalizar se tiene la Ponderación Fija Ajustada Final, la cual multiplica a las tasas de interés, observadas e interpoladas. La suma de tales productos arroja la TPPF,² indicador que representa una tasa de interés promedio ponderado de las colocaciones de CDP's del Banco de Guatemala que logra aislar los movimientos de la tasa de interés de la distorsión que generan los cambios en la estructura por plazos de los montos emitidos.

II. Resultados

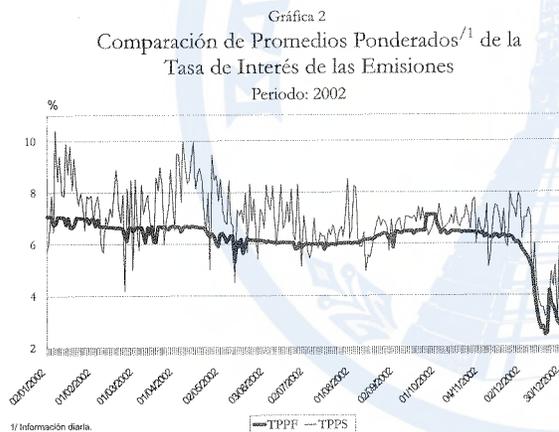
Al aplicar la metodología descrita en el apartado anterior, se construyó una serie diaria de la tasa promedio

² Todo el procedimiento descrito para el cálculo de la TPPF se automatizó a través de un programa de Matlab cuyos códigos pueden observarse en el Anexo.

con ponderación fija de las colocaciones de CDP's del Banguat para el año 2002. La gráfica 1 muestra la evolución de la TPPF de las emisiones para dicho año:



Es esencial contrastar la TPPF con la Tasa Promedio Ponderado Simple (TPPS), comparación que puede observarse en la gráfica 2.

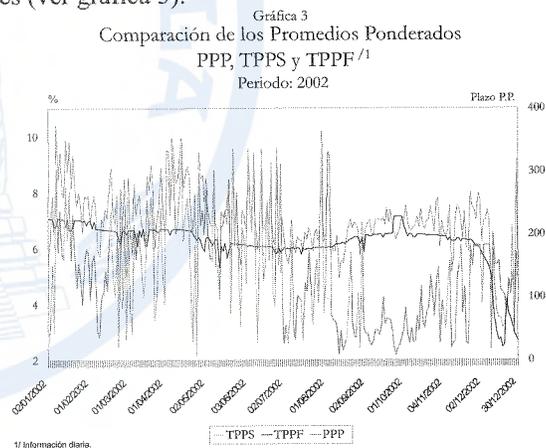


Al observar la gráfica se advierte la alta volatilidad que registra la TPPS versus la relativa estabilidad de la TPPF. Tal diferencia es el resultado de que el promedio ponderado simple captura, por un lado, las variaciones en la estructura de montos por plazo y, por otro, los cambios en las tasas de interés; por su parte, la TPPF captura únicamente variaciones de tasa de interés, por lo que es menos volátil.

Es importante notar que, en algunos periodos, la TPPS presenta una tendencia al alza o a la baja mientras que la TPPF permanece prácticamente estable. En otros segmentos de la muestra, la alta variabilidad de la TPPS no permite observar claramente una tendencia; en cambio, para la

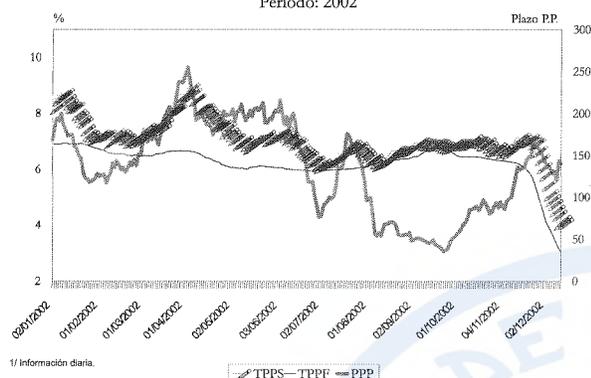
TPPF sí es posible observar cambios de tendencia, aunque sean mínimos, con la certeza de que se trata de una tendencia influenciada únicamente por las tasas de interés y no por movimientos en cuanto a estructura de montos por plazos. La habilidad de aislar la tendencia de la tasa de interés constituye el principal aporte de esta metodología.

Para comprobar que efectivamente la TPPF obtenida a través de esta metodología se abstrae de los cambios en la estructura de montos por plazo, se generó un Plazo Promedio Ponderado (PPP), el cual únicamente captura los movimientos o cambios en la estructura de montos por plazo. Este indicador es valioso puesto que permite comparar los cambios en la estructura de montos por plazo con las variaciones de la tasa promedio ponderado simple, comprobando de esta manera que la tasa promedio ponderado simple está fuertemente influenciada por los cambios en la estructura de montos por plazo. Por el contrario, si se compara con la TPPF, permite constatar que ésta se abstrae de dichos cambios, proporcionando así un indicador que muestra únicamente los cambios registrados en las tasas de interés (ver gráfica 3).



Observando la gráfica anterior, resulta obvio que la alta volatilidad que presenta la TPPS proviene de las variaciones (significativas) de la estructura de montos por plazo, tal como se mencionó anteriormente al explicar la diferencia entre las volatilidades de la TPPS y la TPPF. Sin embargo, por esa misma alta volatilidad de los promedios, es difícil intuir directamente de la gráfica alguna correlación entre las series, por lo cual se calculó un promedio móvil centrado de 13 días de los tres promedios (PPP, TPPS, TPPF), con el objetivo de suavizar las series y así tratar de establecer alguna posible correlación entre las tasas promedio (TPPS y TPPF) y el plazo promedio (PPP); las series suavizadas se presentan en la gráfica 4.

Gráfica 4
Comparación de las Series Suavizadas
de PPP, TPPS y TPPF /¹
Período: 2002



Al observar la gráfica 4 se intuye una alta correlación entre la TPPS y el PPP, y una baja correlación entre la TPPF y el PPP. Para comprobar esta intuición, se estimaron correlaciones simples entre los tres promedios, utilizando las series originales (no suavizadas).

Antes de mencionar los resultados obtenidos, resulta valioso presentar un marco de referencia de lo que se desea obtener. Primero, se esperaría una correlación significativa entre la TPPS y el Plazo Promedio Ponderado (PPP), lo cual demostraría estadísticamente lo influenciado que está el promedio ponderado simple por los cambios en la estructura de montos por plazo. Segundo, debería observarse una correlación prácticamente nula entre la TPPF y PPP para poder afirmar que la TPPF se abstrae de cambios en la estructura de montos por plazo, dejando únicamente la información que corresponde a las tasas de interés. Tercero, se esperaría una correlación moderada entre la TPPF y la TPPS puesto que esta última, a pesar de estar influenciada por los cambios en la estructura de montos, también posee información que se genera a partir de cambios en las tasas de interés. Los resultados se muestran en la tabla 1:

Tabla 1

$\rho(\bullet, \bullet)^*$	Coefficientes
$\rho(\text{TPPS}, \text{PPP})$	0.65
$\rho(\text{TPPF}, \text{PPP})$	-0.05
$\rho(\text{TPPS}, \text{TPPF})$	0.61

*/ $\rho(\bullet, \bullet)$. Denota el operador de correlación entre dos variables.

Al revisar las correlaciones encontradas, se puede afirmar que se obtuvieron los resultados esperados. La correlación entre TPPS y PPP (0.65) confirma la fuerte distorsión en TPPS introducida por los cambios en la estructura de montos, representada por la variable PPP. Lo anterior proporciona evidencia estadística de que dar seguimiento a la tasa de interés de las emisiones de CDP's del Banguat a través de un promedio ponderado simple puede dar lugar a malas interpretaciones de la tendencia y evolución de las tasas. La correlación entre las variables TPPF y PPP (-0.05) proporciona evidencia de que efectivamente la metodología propuesta es capaz de abstraer los cambios en la estructura de montos, eliminando casi totalmente la asociación lineal entre TPPF y PPP, con lo que puede afirmarse que la variable TPPF proporciona únicamente la información relevante (es decir, la de las variaciones de tasa de interés). Finalmente, la correlación entre TPPS y TPPF (0.61) muestra que TPPS, no obstante estar distorsionada por cambios en la estructura de montos por plazo, también posee información sobre cambios en la tasa de interés.

OEM's: control monetario vrs. control de liquidez

La Ley Orgánica del Banco de Guatemala, adicionalmente al objetivo fundamental de propiciar las condiciones monetarias, cambiarias y crediticias que promuevan la estabilidad en el nivel general de precios, también contempla en su artículo cuarto el objetivo de procurar que se mantenga un nivel adecuado de liquidez del sistema bancario, mediante la utilización de los instrumentos previstos dentro de la misma ley. Estos aspectos legales son de crucial importancia en la ejecución de la política monetaria, dado que al momento de establecer las OEM's que efectúa el Banguat, debe distinguirse entre las acciones que se toman para cumplir con el programa monetario establecido, y así propiciar las condiciones monetarias que promuevan la estabilidad de precios, y las acciones encaminadas a mantener el adecuado nivel de liquidez en el sistema.

Cuando el Banguat realiza OEM's, para cumplir con el objetivo de liquidez, lo hace emitiendo CDP's con vencimientos no mayores de 28 días; es decir, para controlar la liquidez del sistema, el Banguat utiliza instrumentos de muy corto plazo. Cuando las OEM's buscan afectar las condiciones monetarias y/o cumplir con el programa monetario persiguiendo la estabilidad de precios, entonces el Banguat utiliza preferentemente CDP's con vencimientos

mayores de 28 días. Entonces, las OEM's que realiza el Banguat persiguen incidir en la liquidez de la economía de acuerdo con dos objetivos diferentes y, para ello, el Banco se vale de instrumentos de deuda (CDP's) con plazos de vencimiento distintos.

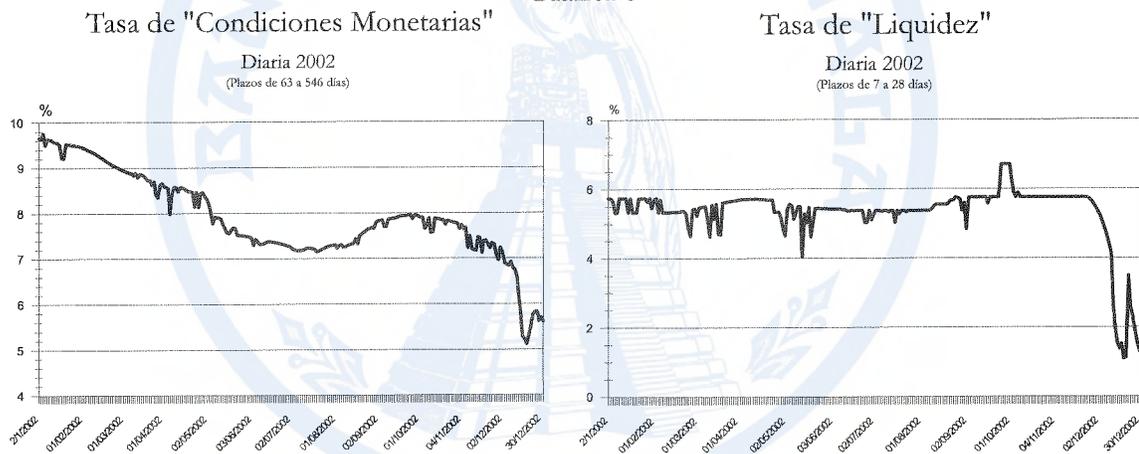
Tal situación despierta la inquietud de realizar indicadores de tasas de interés por separado para cada uno de estos grupos: por un lado, los CDP's con plazo de vencimiento no mayor de 28 días, para contar con una tasa promedio ponderado sin distorsión de montos de las colocaciones del Banguat que buscan controlar la liquidez; por otro lado, los CDP's con plazo de vencimiento mayor de 28 días, para tener un indicador que muestre la tendencia y evolución de la tasa de interés de las colocaciones que buscan modificar o controlar las condiciones monetarias. Para el efecto, la gráfica 5 contrasta dichos indicadores:

coincidiendo ambas únicamente en una disminución drástica en las últimas semanas del año.

Robustez del indicador frente a distintas muestras

La metodología aquí propuesta exige establecer el peso relativo de cada uno de los plazos con base en datos históricos de los montos colocados, para así obtener una estructura de montos por plazo representativa de la muestra. Si dicha muestra se amplía o se reduce, se modifica también la estructura de montos representativa. Ello necesariamente induce cambios en el indicador, con respecto a los valores que corresponden a la muestra original.

Gráfica 5



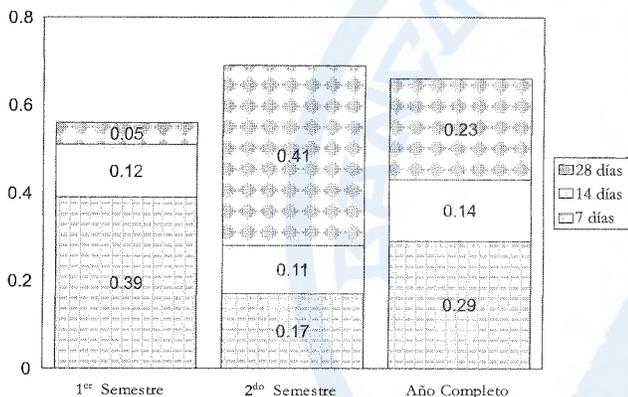
Existen claras diferencias entre la evolución de la TPPF de los instrumentos de muy corto plazo y la TPPF de los instrumentos de mayor plazo, lo cual es perfectamente comprensible si se toma en cuenta que la tasa de "liquidez" está determinada precisamente por las necesidades de liquidez de corto plazo del sistema bancario, y la tasa de "condiciones monetarias" está determinada por otros factores macroeconómicos como la propia política monetaria, la demanda de dinero de la economía, etc.; teniendo determinantes distintos, no hay razón para esperar un comportamiento similar entre ambas. Como se observa, la tasa de liquidez permanece mucho más estable a lo largo del año que la tasa de condiciones monetarias, la cual presenta una tendencia hacia la baja durante casi todo el año en referencia,

Por ejemplo, si se estima la TPPF para el primer semestre de un año, fijando la ponderación según los montos colocados únicamente durante ese primer semestre, se obtiene una serie del promedio ponderado de la tasa de interés que muestra la evolución de la tasa durante ese semestre; si, seguidamente, se estima la TPPF para el año completo, como resultado lógico, la estructura de montos representativa para esta muestra de un año va a ser distinta de la que se utilizó para el promedio ponderado del primer semestre, puesto que incluye las colocaciones tanto del primer semestre como las del segundo. Con una ponderación distinta, la TPPF correspondiente al primer semestre, en esta segunda muestra, es distinta en cuanto a nivel, de la TPPF obtenida para ese mismo semestre utilizando la primera muestra.

Para hacer evidente este hecho, la grafica 6 presenta los cambios en la ponderación que sufren los tres plazos de mayor peso relativo (7, 14 y 28 días) para el año 2002, al estimar sus respectivas ponderaciones por separado tanto para cada uno de los semestres como para el año completo.

Al observar la gráfica 6 queda claro cómo puede variar la ponderación fija de los plazos al modificar la muestra. Por lo tanto, al cambiar la muestra como en el ejemplo anterior, no se espera que la TPPF permanezca sin variación en términos de nivel. Lo que sí se espera es que la tendencia

Gráfica 6
Cambios en la Ponderación Fija,
debido a cambios de Muestra
Ejemplo para tres plazos

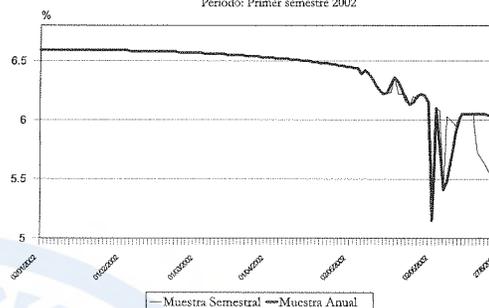


no se altere por el cambio de muestra; de lo contrario, el indicador no estaría cumpliendo con su objetivo.

Adicionalmente, al modificar la muestra no sólo cambian las ponderaciones fijas sino también lo hacen los polos o extremos de la misma; esto provoca que las tasas interpoladas para un mismo período, estimadas con diferente muestra, presenten ligeros cambios de una muestra a otra. Para ejemplificarlo, en la gráfica 7 se presentan dos series de las tasas, observadas e interpoladas, correspondientes a los CDP's con plazo de vencimiento de 63 días, ambas para el primer semestre del año 2002; una realizando la interpolación con una muestra semestral y la otra utilizando la muestra anual.

Como se observa, las tasas interpoladas pueden variar al modificar la muestra. Es importante notar que los cambios en las tasas interpoladas son pequeños y su influencia está limitada por el factor de ajuste por interpolación. Sin

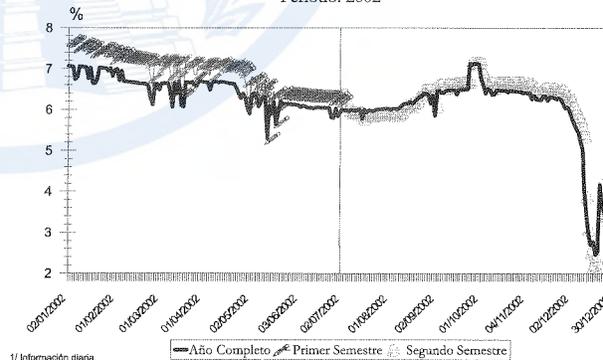
Gráfica 7
Tasas Observadas e Interpoladas en
CDP's a 63 días Plazo^{1/1}
Periodo: Primer semestre 2002



1/ Información diaria.

embargo, puesto que al modificar la muestra, cambian tanto la ponderación fija como las tasas interpoladas, se hace indispensable verificar que la tendencia de la TPPF no es afectada por el cambio de muestra, para lo cual se estimaron indicadores independientes para cada uno de los dos semestres del año 2002, interpolando por separado y estableciendo para cada semestre su propia ponderación. Como se esperaba, las dos submuestras presentaron cambios ligeros de nivel (menores a un punto porcentual) y ningún cambio respecto a la tendencia o evolución, lo que permite concluir que la tendencia de la TPPF no es sensible a la muestra que se utilice, lo cual añade consistencia al indicador (ver grafica 8).

Gráfica 8
Sensibilidad de la TPPF^{1/1} a
Distintas Muestras
Periodo: 2002



1/ Información diaria.

Adicionalmente, para reforzar la idea de que la sensibilidad del indicador ante cambios de muestra es baja en cuanto a cambios de nivel y nula en cuanto a tendencia, se estimaron algunas estadísticas básicas que proveen elementos de juicio adicionales para afirmar que los cambios en el indicador, inducidos por cambios en la muestra, no tienen implicaciones en cuanto a la utilidad o validez del indicador.

En efecto, se estimaron la media y la desviación estándar de cada una de las muestras semestrales y de la muestra anual para el año 2002. La estimación de la media obedece a que el cambio en el nivel del indicador puede observarse como un cambio en su media, el cual se espera que sea relativamente pequeño. Por su parte, la estimación de la desviación estándar es útil, ya que se espera que el indicador no presente cambios en su tendencia y que registre las mismas variaciones aún y cuando se haya modificado la muestra, por lo que se espera que la diferencia entre las desviaciones estándar de los indicadores semestrales y anuales sea pequeña. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Estadísticos	Muestras Semestrales		Muestra Anual		
	1 ^{er} semestre	2 ^{do} semestre	1 ^{er} semestre	2 ^{do} semestre	Año completo
Media	6.924	5.999	6.461	5.897	6.179
Desviación Estándar	0.490	1.173	0.369	1.053	0.837

Según los resultados, las diferencias en las medias registradas para cada uno de los semestres de la muestra anual, respecto a sus equivalentes de las muestras semestrales, son visiblemente pequeñas, tal y como se esperaba. Anteriormente se había mencionado que es admisible un ligero cambio en cuanto a nivel (observado a través de un cambio en la media), por lo que estas pequeñas diferencias que resultan de un cambio de muestra no son relevantes. En lo que respecta a las desviaciones estándar, se observa que las diferencias entre las muestras también son poco significativas, sin embargo, puesto que no se cuenta con algún punto de referencia para afirmar con certeza de que tales diferencias son lo suficientemente pequeñas como para no tomarlas en consideración, se decidió estimar algunas correlaciones simples entre la TPPF calculada con muestras semestrales y la TPPF calculada con la muestra anual, con el objeto de aportar evidencia estadística de que la tendencia y las variaciones del indicador no son sensibles a los cambios de muestra. Los resultados de dichas correlaciones se presentan en la tabla 3:

Tabla 3

$\rho(\bullet, \bullet)^*$	Coefficientes
Primer Semestre	0.9300
$\rho(\text{TPPF muestra semestral}, \text{TPPF muestra anual})$	
Segundo Semestre	0.9230
$\rho(\text{TPPF muestra semestral}, \text{TPPF muestra anual})$	

* $\rho(\bullet, \bullet)$: Denota el operador de correlación entre dos variables.

Ambas correlaciones resultaron mayores que 0.9, lo cual confirma que, a pesar de que la TPPF presenta ligeros cambios en su nivel al modificar la muestra, tal indicador resulta muy confiable para dar seguimiento a la tendencia y evolución de las tasas de emisión de CDP's del Banguat.

III. Consideraciones finales

- Como resultado de la búsqueda de un mejor cálculo de la tasa de interés promedio de las OEM's, se diseñó una metodología por medio de la cual se obtuvo una tasa promedio de ponderación fija que, a diferencia de la tasa promedio ponderado simple, representa exclusivamente los cambios en las tasas de interés, sin distorsión por cambios en la estructura de montos por plazo.
- Esta propuesta metodológica puede ser de mucha utilidad para la ejecución de la política monetaria, por ser la tasa de interés una variable indicativa que puede en un momento dado orientar a los ejecutores de política en la toma de decisiones. El indicador aquí propuesto puede proporcionar una visión acerca de la evolución de las tasas de interés de los CDP's, así como de las presiones que pudieran estar soportando las tasas de interés de la economía en general y las tasas de las colocaciones del Banguat en particular.
- Por último, la aplicación metodológica de ninguna manera se circunscribe únicamente a la tasa de interés de las OEM's. El espectro de aplicaciones puede abarcar otras tasas de interés, como la de los Reportos, los que también presentan estructuras de montos por plazo. También puede aplicarse al cálculo índices de precios de importaciones, los que se basan en estructuras de comercio cuyos cambios pueden distorsionar la evolución del índice.

IV. Referencias

1. G. J. Borse. *Numerical methods with Matlab*. PWS Publishing Company, ITP, 1997.
2. *Decreto Número 16-2002 del Congreso de la República de Guatemala, Ley Orgánica del Banco de Guatemala*.
3. Kenneth L. Judd. *Numerical methods in economics*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1998.

4. The Math Works Inc. *Using Matlab Version 6. Manual del usuario*, Noviembre 2000.
5. Anthony Ralston. *Introducción al análisis numérico*. Editorial Limusa – Wiley S. A., 1970.

Anexo

Operaciones básicas del Programa Matlab para generar la TPPF

```
% Departamento de Investigaciones Económicas
% Tasa Promedio de Ponderación Fija (TPPF)
% Febrero 2004
```

```
clear global;
format long;
disp( blanks(2) )
disp( datestr(now) )
disp( blanks(2) )
```

```
x = 0;
M = 0;
disp( 'Ingrese matriz de tasas: "x" y de Montos: "M" en el
Workspace ' )
keyboard
Plazos = 0;
```

```
% Se copia desde Excel un vector fila que contenga todos
los plazos que
% aparecen en la muestra y se pega en el vector "Plazos"
que aparece en el Workspace.
```

```
disp( 'Ingrese vector fila de Plazos (plazos de la muestra):' )
keyboard
```

```
Plazos = Plazos';
```

```
ti = input('Ingrese la fecha de inicio de la muestra en el
formato mm,dd,yyyy:');
```

```
% El formato mm,dd,yyyy es: mm = mes; dd = dia; yyyy
= año. los
% datos deben estar separados por comas y entre
apóstrofos ''.
```

```
ti_fin = input('Ingrese la fecha final de la muestra en el
```

```
formato mm,dd,yyyy:');
[n,P] = size(x);
y = x(1,:);
w = x(n,:);
h = x;
I = zeros(n,P);
```

```
FAI = zeros(1,P);
```

```
if P ~= length(Plazos);
exit
end
```

```
if size(x) ~= size(M);
exit
end
```

```
% Extremos de la Muestra
```

```
% Extremo Superior
```

```
logi_y = abs(y)~=0;
conty = sum((logi_y)');
PLAZ_sup = Plazos;
Ext_sup = ones(P,1);
```

```
for in = 1:(P-1);
while y(in) == 0;
for in2 = 1:(P-in);
y(in+in2-1) = y(in+in2);
PLAZ_sup((in)+in2-1) = PLAZ_sup(in+in2);
if y(P) == 0 ;
y(P) = 100;
end
end
end
end
```

```
Ext_sup =
interp1(PLAZ_sup(1:conty),y(1:conty),Plazos,'linear','e
xtrap');
```

```
% Extremo Inferior
```

```
logi_w = abs(w)~=0;
contw = sum((logi_w)');
PLAZ_inf = Plazos;
Ext_inf = ones(P,1);
```

```

for in = 1:(P-1);
while w(in) == 0;
for in2 = 1:(P-in);
w(in+in2-1) = w(in+in2);
PLAZ_inf((in)+in2-1) = PLAZ_inf(in+in2);
if w(P) == 0;
w(P) = 100;
end
end
end
end

```

```

Ext_inf =
interp1(PLAZ_inf(1:contw),w(1:contw),Plazos,'linear',
extrap');

```

%Interpolacion

```

x(1,:) = Ext_sup';
x(n,:) = Ext_inf';
logi_x = abs(x)~=0;
contasas = sum(logi_x);
xf = (1:n)';
obst tiempo = (1:n)';
mat tiempo = ones(n,P);

```

```

for tem = 2:n
mat tiempo(tem,:)=obst tiempo(tem);
end

```

```

for on = 1:P
for in = 2:(n-1)
while x(in,on) == 0
for in2 = 1:(n-in)
x((in)+in2-1,on) = x(in+in2,on);
mat tiempo((in)+in2-1,on) = mat tiempo(in+in2,on);
end
end
end
end

```

```

for bon = 1:P
I(:,bon) =
interp1(mat tiempo(1:contasas(bon),bon),x(1:contasas(bon)
),bon,xf,'pchip');
FAI(bon) = contasas(bon)/n;
end

```

% Ponderaciones

```

Sum_ind = zeros(1,P);
Sum_ind = sum(M);
sumtotal = sum(Sum_ind);
Ponderacion_preliminar = Sum_ind/sumtotal;
Pond_ajust_prelim = Ponderacion_preliminar.*FAI;
sumatoria_ponderaciones = sum(Pond_ajust_prelim);
Ponderacion_final =
Pond_ajust_prelim/sumatoria_ponderaciones;

```

% Tasas Ponderadas PI = tasas interpoladas y ponderadas.

```

PI = zeros(n,P);
for plazo = 1:P
PI(:,plazo) = I(:,plazo)*Ponderacion_final(:,plazo);
end

```

```

ta = datenum(ti);
to = datenum(ti_fin);

```

tiempo = 1:n;

```

TPPF = sum(PI)';

```

% TPPS

```

sum_trans = sum(M)';
Ponder_mov = zeros(n,P);

```

```

for gu = 1:n
Ponder_mov(gu,:) = M(gu,:)/(sum_trans(gu));
end

```

```

tasas_pond = h.*Ponder_mov;
TPPS = sum((tasas_pond)');

```

% PPP

```

trans_plazo = (Plazos)';
sum_trans = sum(M)';
Plazo_mov = zeros(n,P);
for tim = 1:P
Plazo_mov(:,tim)= trans_plazo(tim);
end
Plazo_prom = Plazo_mov.*Ponder_mov;
PPP = sum((Plazo_prom)');

```

%Interpolacion PPP y TPPS

%Graficas

```

subplot(2,2,1);
plot(tiempo,TPPF);

ylabel('Tasa Porcentual');
xlabel([datestr(ta) blanks(2) '/' blanks(2) datestr(to)]);
title('Tasa Promedio De Ponderacion Fija')

subplot(2,2,2);
plot(tiempo,TPPS);

ylabel('Tasa Porcentual');
xlabel([datestr(ta) blanks(2) '/' blanks(2) datestr(to)]);
title('Tasa Promedio Ponderado Simple')

subplot(2,2,3);
plot(tiempo,PPP);

ylabel('Dias');
xlabel([datestr(ta) blanks(2) '/' blanks(2) datestr(to)]);
title('Plazo Promedio Ponderado')

R = [TPPF,TPPS];

figure(2)
subplot(2,1,1)
plot(tiempo,R)

ylabel('Tasa Porcentual');
xlabel([datestr(ta) blanks(2) '/' blanks(2) datestr(to)]);
title('Comparacion: TPF & TPS')
legend('TPPF','TPPS',0);

figure(2)
subplot(2,1,2)
plotyy(tiempo,R,tiempo,PPP)
ylabel('Tasa Porcentual');
xlabel([datestr(ta) blanks(2) '/' blanks(2) datestr(to)]);
title('Comparacion de Promedios')
legend('TPPF','TPPS','PPP',0);

figure(3)
plot(tiempo,TPPF);
ylabel('Tasa Porcentual');
xlabel([datestr(ta) blanks(2) '/' blanks(2) datestr(to)]);
title('Tasa Promedio De Ponderacion Fija')

disp( datestr(now) )

```

