

Borradores de ECONOMÍA

Mercado de bonos soberanos y
estabilidad financiera: Una aplicación
de Gráficos Acíclicos Direccionados
(GAD) y modelos SVAR

Por: Ligia Alba Melo B.
Jorge Ramos F., Hector Zarate S.

Núm. 795
2013



tá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Col

Mercado de bonos soberanos y estabilidad financiera: Una aplicación de Gráficos Acíclicos Direccionados (GAD) y modelos SVAR*

Ligia Alba Melo B.
lmelobec@banrep.gov.co

Jorge Ramos F.
jramosfo@banrep.gov.co

Hector Zarate S.
hzaratso@banrep.gov.co

Resumen

Durante las dos últimas décadas, los mercados de deuda pública se han desarrollado significativamente en las economías emergentes. A pesar de las ventajas que el desarrollo de este mercado tiene sobre el sector financiero, la volatilidad en el precio de los bonos soberanos conlleva riesgos potenciales para la rentabilidad y la estabilidad financiera. Este trabajo utiliza Gráficos Acíclicos Direccionados y modelos SVAR para evaluar el impacto de diversos choques sobre la pendiente de la curva de rendimiento, y sobre la rentabilidad y estabilidad del sistema bancario. Los resultados sugieren que la inflación, la tasa de interés de política monetaria y los indicadores de percepción del riesgo son las variables con mayor impacto sobre la pendiente de la curva de rendimiento. De otro lado, cuando la pendiente de la curva aumenta, la respuesta sobre la rentabilidad y la proporción de bonos en el portafolio de los bancos es positiva. Así mismo, un aumento de la pendiente de la curva tiene un efecto contemporáneo positivo sobre la estabilidad financiera, medida a través del indicador de riesgo, *Var*, el cual disminuye en el tiempo hasta a estabilizarse alrededor de cero.

Keywords: Mercado de deuda soberana, Gráficos Acíclicos Direccionados, Estabilidad financiera.

JEL Classification: H63, G2, C18.

* Los autores pertenecen a la Gerencia Técnica del Banco de la República. Agradecemos a Pamela Cardozo, Dairo Estrada, Franz Hamann, Miguel Cataño, Dionisio Valdivieso, Andrés Langebaeck, Munir Jalil y Juan Manuel Quintero por las sugerencias para orientar el proyecto de la investigación. Los autores también agradecen a los participantes del seminario interno del Banco de la República por sus comentarios. Asimismo, se agradece la asistencia en la investigación de Juliana Arias y Sonia Salazar, así como el suministro de información por parte de Luisa Silva y Néstor Espinosa. Las opiniones expresadas aquí son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Banco de la República ni a su Junta Directiva.

1. Introducción

Durante las dos últimas décadas, los mercados de deuda pública interna han registrado un desarrollado significativo en las economías emergentes, permitiendo que la proporción de la deuda financiada con títulos del gobierno aumente. Si bien, el sector financiero se ha beneficiado del desarrollo de este mercado, ya que cuenta con una forma alternativa de inversión a los recursos tradicionalmente destinados al crédito, la volatilidad en el mercado de deuda pública conlleva riesgos potenciales para el sector financiero, y en particular para las instituciones tenedoras de títulos. El mercado de deuda pública también puede contribuir a la estabilidad financiera a través de la reducción de los descalces cambiarios, el aumento de la eficiencia económica y la creación de una tasa de interés de mercado, que refleje los costos de oportunidad de las inversiones a diferentes plazos¹.

Los mercados de deuda pública interna pueden verse afectados por choques económicos que podrían dar lugar a cambios en el precio de los bonos, variaciones en la percepción de riesgo de los inversionistas y ajustes en la composición de los balances bancarios. El origen de estos choques no sólo está asociado con la estrategia fiscal del gobierno, sino también con otros factores de origen interno y externo como decisiones de política monetaria y cambiaria y el apetito por riesgo de los inversionistas internacionales. Por ejemplo, la incertidumbre en la política monetaria y fiscal de los Estados Unidos y Europa ha tenido un impacto fundamental en el precio de estos activos en las economías emergentes.

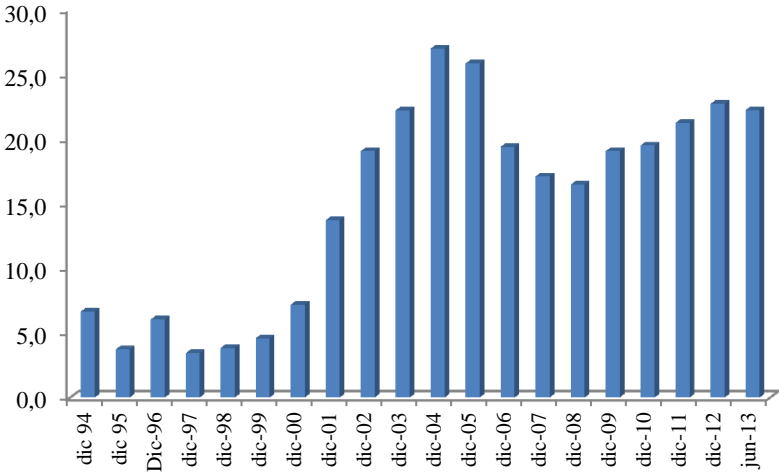
El mercado de deuda pública interna en Colombia se desarrolló en los últimos veinte años, en parte por la prohibición del financiamiento monetario al gobierno, derivada de la Constitución Política de 1991, y por el establecimiento de condiciones favorables que permitieron la emisión y colocación de títulos en el mercado interno de capitales. El tamaño de este mercado ha sido determinado por el déficit fiscal del Gobierno y por su política de endeudamiento, que en la última década ha favorecido el financiamiento con recursos del

¹ Para más detalles véase BIS (2007); Das, Papapioannou, Pedras, Ahmed y Surti (2010) y Mehrotra, Miyajima y Villar (2012).

crédito interno. En efecto, durante los últimos veinte años, la deuda pública interna creció significativamente, pasando de \$3.8 mil millones (4,0% del PIB) en 1994 a \$158,7 mil millones (23,3% del PIB) en junio de 2013.

Un aspecto importante en la evolución de la deuda interna colombiana es el cambio en la distribución de los tenedores de bonos. En efecto, mientras que en 1995 el 71,3% de los bonos estaba en poder de entidades públicas, el 22,3% en el sector financiero y el 6,4% en el sector privado, en junio de 2012, el 50,9% de los bonos pertenecía al sector financiero, seguido por el sector público con el 28% y el sector privado con el 21,1% (Gráfico 1). Este cambio en la composición de los tenedores refleja un mayor grado de exposición de las instituciones financieras a los choques adversos que afectan el mercado de deuda pública.

Gráfico 1: Participación de bonos soberanos en los activos de los bancos



Fuente: Banco de la República

Los bancos demandan bonos del gobierno principalmente por dos razones. En primer lugar, para enfrentar el riesgo de liquidez. Con este fin, los bancos utilizan los títulos como un mecanismo de apalancamiento para obtener préstamos de corto plazo del Banco Central. En segundo lugar, los bancos demandan bonos soberanos como un mecanismo de inversión alternativo a los recursos que los bancos tradicionalmente asignan al crédito. Los riesgos potenciales para la estabilidad financiera provienen de la volatilidad en el mercado secundario de bonos, que se refleja directamente en variaciones en la tasa de interés de los

títulos y en sus precios, al igual que en la calificación que reciben. Para un banco el riesgo de mercado dependerá de la proporción de títulos en sus portafolios.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de diversos choques económicos internos y externos sobre la tasa de interés y el precio de los títulos de deuda interna del gobierno, así como sobre la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera. Con este propósito, inicialmente se realizó la identificación de los diferentes tipos de innovaciones y canales que afectan la tasa de interés, el precio y la calificación de los bonos públicos. Posteriormente, se evaluó cómo estos cambios afectan la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera. Este proceso se realizó con base en información histórica y entrevistas con expertos en el mercado de deuda interna. El análisis se llevó a cabo mediante el uso de Gráficos Acíclicos Direccionados (*GADs*) y la estimación de modelos de Vectores Autorregresivos Estructurales (*SVAR*).

Es importante señalar que aunque el estudio de relaciones estructurales causales a partir del uso de *GADs* ha proporcionado importantes avances teóricos y prácticos en las dos últimas décadas, su utilización ha sido limitada en economía y finanzas (Spirtes, Glymour, Scheines, 2000; Hoover, 2006; Swanson y Granger, 1997; Awokuse, 2006; Awokuse y Bessler, 2003; y Bessler y Yang, 2003). El análisis con *GADs* ofrece un método gráfico para identificar y medir las relaciones entre el mercado de bonos soberanos y el sector financiero. Además, provee elementos acerca de la interconectividad y la dirección de causalidad entre las variables relevantes.

Este documento consta de cinco secciones además de esta introducción. En la segunda sección se presentan algunos aspectos relacionados con el mercado de deuda pública en Colombia y su relación con el sistema financiero. En la tercera sección se describe la metodología utilizada. En la cuarta sección se analizan los canales de transmisión que pueden estar presentes en el mercado de deuda pública y su impacto sobre la rentabilidad y estabilidad financiera, haciendo uso de modelos gráficos de probabilidad y de los modelos *SVAR*. En la quinta sección se presentan los datos utilizados en el análisis empírico y se

discuten los resultados obtenidos a partir de estos modelos. En la última sección se presentan las principales conclusiones.

2. Mercado de deuda pública y el sistema financiero en Colombia

Como ya se mencionó, el mercado de deuda pública en Colombia se inició después de la expedición de la Constitución Política de Colombia de 1991 que prohibió la financiación directa del Banco de la República al Gobierno. Durante los últimos veinte años, el mercado ha tenido un desarrollo significativo que se refleja en un aumento del saldo de títulos de deuda interna, en la diversificación de tenedores y en el mejoramiento de la estructura del perfil de la deuda. En el país, la deuda interna se transa en el mercado primario, en el cual la tasa de interés se define entre los denominados creadores del mercado y el gobierno, y en el mercado secundario, donde las tasas de interés se definen a través de la oferta y demanda de bonos, utilizando el mecanismo de subasta holandesa.

El manejo de la deuda interna por parte de las autoridades puede aumentar o disminuir el riesgo de mercado para los tenedores de títulos. Estructuras inadecuadas de la deuda pueden afectar la capacidad del gobierno para garantizar la estabilidad financiera, con lo cual se deteriora la percepción de riesgo-país por parte de los inversionistas. A mayor saldo de la deuda y mayor concentración de vencimientos en el corto plazo aumenta la vulnerabilidad de los tenedores de títulos. De acuerdo con un estudio del Fondo Monetario Internacional, los vencimientos a corto plazo pueden incluir altos niveles de rotación de la deuda y un mayor riesgo de refinanciación que podría dar lugar a una crisis de confianza, por la preocupación de insolvencia por parte del Gobierno, para canjear los bonos en su vencimiento (Das, Papaioannou, Pedras, Ahmed, Surti, 2010). Desde el punto de vista del gobierno, es preferible tener una estructura de deuda con tasa fija y con un portafolio de bonos de largo plazo. Sin embargo, la deuda de largo plazo puede representar un mayor valor en riesgo (*VaR*) para el titular de la deuda.

Los bancos demandan bonos soberanos para protegerse contra el riesgo de liquidez, mediante la utilización de los títulos como mecanismo de apalancamiento para obtener

préstamos de corto plazo con el Banco de la Republica. Los bancos también utilizan los bonos soberanos como una alternativa de inversión, a través de la cual pueden obtener pérdidas o ganancias. Finalmente, los bancos adquieren títulos de deuda pública porque son considerados activos de bajo riesgo. Para realizar sus inversiones en títulos de deuda pública, los bancos examinan tanto la programación del financiamiento del gobierno, en el corto plazo como el plan de colocaciones, el perfil de vencimientos, la liquidez del mercado y la posibilidad de realizar operaciones swaps. Así mismo, los bancos evalúan la situación fiscal y especialmente el financiamiento del déficit para identificar la nueva oferta de títulos. Por sus características, los bancos se interesan más por la parte media y corta de la curva de rendimiento y los fondos de pensiones y cesantías y las compañías de seguros por la parte larga de la curva.

Desde el punto de vista contable, los bonos adquiridos por los bancos corresponden en primer lugar a títulos negociables que se contabilizan en el Estado de Pérdidas y Ganancias, se valoran a precios de mercado y pueden ser negociados por los bancos en el mercado secundario. Estos bonos se ajustan por el cambio en los precios, debido principalmente a variaciones en la tasa de interés. En segundo lugar, los títulos disponibles para la venta, pueden ser negociados después de un año, e inicialmente se contabilizan en la cuenta de patrimonio. Finalmente, los bonos adquiridos hasta el vencimiento se contabilizan a precio de compra y generalmente se utilizan como un mecanismo de apalancamiento para obtener financiamiento. Los bancos enfrentan un riesgo de mercado derivado de las variaciones en el precio de los títulos, que compromete su rentabilidad y estabilidad. Cada banco tiene su propia política acerca de la composición del portafolio en títulos del gobierno y por consiguiente los efectos de choques en el mercado de deuda dependerán de la proporción y el tipo de bonos en sus portafolios.

En Colombia, el mercado de deuda pública interna se ha visto afectado por diversos choques económicos que han generado cambios en la valorización de los títulos de deuda pública, variaciones en la percepción de riesgo por parte de los inversionistas y ajustes en la composición de los tenedores de deuda. Dentro de estos choques cabe destacar el efecto de la crisis de 1999, que dio origen a un fenómeno conocido como la interrupción del canal del

crédito, debido al comportamiento de los bancos, que al tratar de disminuir el riesgo de sus inversiones, aumentaron sus activos en títulos y desviaron recursos tradicionalmente asignados al crédito. Esto se vio favorecido por la oferta de títulos que indujo el deterioro fiscal del momento (Informe al Congreso de la Junta Directiva del Banco de la República, 1999).

De otro lado, en 2002 el saldo de la deuda del gobierno presentó un incremento significativo, que se reflejó en un aumento del saldo de *TES* (Títulos de Tesorería), al pasar de 12.8% del PIB en el año 2000 al 17.4% del *PIB* en 2002. Este incremento afectó la percepción de riesgo sobre el país, la cual fue generalizada para los países de América Latina. Durante el periodo comprendido entre julio y octubre del año en referencia se presentó una situación de estrés en el mercado secundario de deuda pública, que se reflejó en un aumento de la tasa de interés de los títulos y en la volatilidad de la misma. La Dirección de Crédito Público debió suspender la subasta de *TES* hasta noviembre de ese año. Estos hechos generaron importantes pérdidas al sector financiero (Rodríguez, 2005 y Reporte de Estabilidad Financiera, 2002).

Otro evento destacable corresponde a la desvalorización de los *TES* ocurrida durante el primer semestre de 2006. El origen de este choque estuvo asociado a la incertidumbre sobre el crecimiento y la inflación mundial, que afectó el apetito por riesgo de los inversionistas internacionales y el precio de los activos locales. Este fenómeno estuvo acompañado por un aumento de las tasas de interés de política monetaria después de un periodo de tasas bajas y una oferta importante de bonos en el mercado. Las utilidades de los bancos cayeron y se presentó una recomposición del activo de los bancos, en favor del crédito (Informe al Congreso de la Junta Directiva del Banco de la República, 2007 y Reporte de Estabilidad Financiera, 2007).

La crisis internacional de 2008 también afectó el mercado de deuda pública interna en Colombia. Como respuesta a la desaceleración económica asociada a la crisis financiera internacional, el Banco de República redujo la tasa de interés de política, lo que se reflejó

en mayores precios de los *TES*. Como respuesta a este hecho y al deterioro en la calidad de la cartera del sistema financiero, los bancos aumentaron la proporción de títulos en su portafolio (Informe al Congreso de la Junta Directiva del Banco de la República, 2008 y 2009; Reporte de Estabilidad Financiera, 2008).

Finalmente, se puede destacar la volatilidad en el mercado de *TES* en Junio de 2013, originada por el anuncio de la Reserva Federal de considerar la finalización, antes de lo esperado, del programa de compra de activos. Este hecho generó expectativas sobre el aumento de las tasa de interés internacional, lo que produjo incrementos en las tasas de interés de los *TES*, especialmente en los tramos medio y largo de la curva, aumentando su pendiente. Estos hechos generaron desvalorizaciones de los títulos de la deuda colombiana, con efectos negativos sobre la rentabilidad del sistema financiero (Informe al Congreso de la Junta Directiva del Banco de la República, 2013).

3. Metodología

El análisis de causalidad entre las variables macroeconómicas relevantes y los indicadores de estabilidad financiera se desarrolla en dos etapas. En la primera se utilizan modelos gráficos *GAD* para identificar y medir los efectos contemporáneos entre las variables macroeconómicas y financieras, utilizando datos observados para el periodo comprendido entre octubre de 2003 y marzo de 2013. En la segunda etapa, se complementan la metodología de los modelos *GAD* con la de los modelos *VAR* estructurales *SVAR*. En particular, los modelos *GAD* identifican el orden de causalidad de los choques contemporáneos de las principales variables del mercado de deuda pública y este orden se tienen en cuenta en la estimación del *SVAR*. Lo anterior garantiza la estimación de funciones impulso respuesta consistentes (Swanson y Granger, 1997).

3.1. Modelos gráficos y Gráficos Acíclicos Direccionados

Los modelos *GAD* son objetos matemáticos contruidos con flechas y nodos que se relacionan con datos, distribuciones de probabilidad y relaciones de causalidad. Más aún, los *GAD* son representaciones gráficas que permiten codificar el conocimiento de los

expertos, tener en cuenta sus creencias acerca del funcionamiento del problema bajo estudio, que en este caso corresponde al mercado de deuda pública y la estabilidad financiera. En síntesis, los modelos gráficos probabilísticos son mapas con estructuras de dependencia a partir de una muestra dada. Estos modelos tienen nodos que representan variables aleatorias, y arcos direccionados desde un nodo A hacia uno B , que pueden ser interpretados como A “causa a” B . La ausencia de arcos entre nodos representa independencia condicional². Estos gráficos revelan la estructura de las asociaciones e independencias que podrían ser observadas si los datos fueron generados de acuerdo con los supuestos causales codificados en los *GAD* (Pearl, 2000).

La ventaja principal de esta metodología radica en el lenguaje gráfico, el cual provee una forma directa de analizar la causalidad en este mercado, evitando la notación algebraica utilizada en otras metodologías. Otra ventaja proviene del carácter estrictamente no paramétrico de la metodología que omite la especificación de formas funcionales particulares entre una variable dependiente y , con las variables que la causan. Adicionalmente, en la estimación de los *GAD* se utiliza una forma de condicionamiento basada en los nodos *colisionadores*, asegurando la medición precisa de los efectos causales (Pearl, 2000).

En la primera etapa de análisis, la estimación de la causalidad contemporánea debe considerar un *GAD* con n nodos ordenados, X_1 hasta X_n . Donde un valor particular de la distribución conjunta está representado por la $P(X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n)$. De acuerdo con la *regla de la cadena* de la teoría de la probabilidad, la función conjunta se factoriza de la siguiente forma:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i / x_1, \dots, x_{i-1})$$

² Hay dos clases de modelos gráficos: no direccionados y direccionados, los cuales difieren en las pruebas de dependencia usadas: El supuesto de independencia condicional en modelos de gráficos no direccionados establece que todos los nodos en A y todos los nodos en B son bloqueados por algún nodo en C . Esto implica que un nodo solitario, X_i , es independiente de todos los otros nodos en el gráfico dado por sus vecinos.

Adicionalmente teniendo en cuenta que en la estructura de una red, el valor de un nodo particular está condicionado solamente por sus nodos antecesores, conocidos como “nodos *padres*”, esto se reduce a:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i / \text{Padres}(X_i)), \text{ dado que los nodos } \text{Padres}(X_i) \subseteq \{X_1, X_2, \dots, X_{i-1}\}.$$

Esta condición permite construir una red, dada una ordenación de los nodos. La red resultante será el único mapa independiente mínimo, *mapa-I*³. El algoritmo utilizado procesa cada nodo en orden, adicionándolo al *GAD* existente y añadiendo arcos para un conjunto mínimo de nodos *Padres*, de tal forma que el conjunto de nodos *Padre* hace al nodo actual *condicionalmente independiente* de los otros nodos que lo preceden. Los pasos del algoritmo en el diseño del mapa de causalidad son los siguientes:

1. Elegir el conjunto de variables relevantes $\{X_i\}$
2. Elegir un orden para las variables, $\langle X_1, \dots, X_n \rangle$
3. Mientras haya variables restantes
 - a. Agregar la próxima variable al *GAD*
 - b. Agregar arcos al nodo X_i de algún conjunto mínimo de nodos que ya están en la red, $\text{Raíces}(X_i)$, tal que la siguiente propiedad de independencia condicional se satisface:

$$P(X_i / X'_1, \dots, X'_m) = P(X_i / \text{Raíces}(X_i))$$
 Donde X'_1, \dots, X'_m son todas las variables que preceden a X_i
 - c. Definir la tabla de probabilidad condicional, *TPC*, para X_i
 - d. Hacer las correspondientes pruebas de independencia condicional e ir generando el esqueleto del gráfico.
4. Para medir el efecto causal se utiliza la siguiente expresión:

³ Mapas Independientes (MAPAS-I) se refiere a una red donde la independencia entre nodos se sugiere por la ausencia de un arco.

$$C(v_i, v_j, \tilde{x}) = \frac{\partial}{\partial x} E(v_i / do(v_j = x)) |_{x=\tilde{x}}$$

De esta forma, se define el efecto causal del nodo v_i sobre el nodo v_j (Pearl, 2000).

3.2. Modelos SVAR

Los modelos *SVAR* son herramientas útiles en macroeconomía para identificar y estimar la estructura de causalidad de un sistema utilizando la teoría económica y teniendo en cuenta el proceso generador de los datos. Los *SVAR* se utilizan en el análisis económico a través de funciones impulso respuesta o de la descomposición de la varianza, lo cual requiere el uso de los *choques estructurales*. En este artículo, para encontrar el orden de causalidad apropiado entre los choques del *SVAR*, explotamos las ventajas de los modelos *GAD* probando la independencia condicional entre los residuales de un *VAR* de referencia estimado. Lo anterior es usado para hacer inferencias de las relaciones causales entre variables contemporáneas. La metodología es la siguiente:

El modelo *VAR* básico en su forma reducida:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + u_t$$

Donde $Y_t = (y_{t1}, \dots, y_{tk})'$, A_j ($j = 1, \dots, p$) $k \times k$ matrices de coeficientes.

u_t : vector proceso ruido blanco y $E(u_t u_t') = \Sigma_u$

El modelo *SVAR* (forma estructural)

$$\Gamma_0 Y_t = \Gamma_1 Y_t + \dots + \Gamma_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

$$\Gamma_0 = P^{-1}, \Gamma_j = P^{-1} A_j (j = 1, \dots, p)$$

En este artículo, la elección de P está basada en información acerca de la estructura causal contemporánea estimada por las medias de los modelos gráficos. Las variables analizadas en esta investigación, las cuales se explican en detalle en la siguiente sección, son el PIB, la

pendiente de la curva de rendimiento, la inflación, el EMBI, la deuda del gobierno y el indicador de riesgo, *VaR*:

$$Y = \begin{bmatrix} PIB_t \\ Pendiente_CR_t \\ Inflación_t \\ EMBI_t \\ Deuda_t \\ Valor\ en\ Riesgo_t \end{bmatrix}$$

Finalmente, el algoritmo se resume en tres etapas:

1. Obtener la matriz de residuales \hat{u}_t
2. Buscar la causalidad entre $u_{1t} \dots u_{kt}$ a través del uso de los modelos *GAD*, lo que en efecto significa también la causalidad entre y_{1t}, \dots, y_{kt} .
3. Estimar las funciones impulso respuesta del modelo *SVAR*.

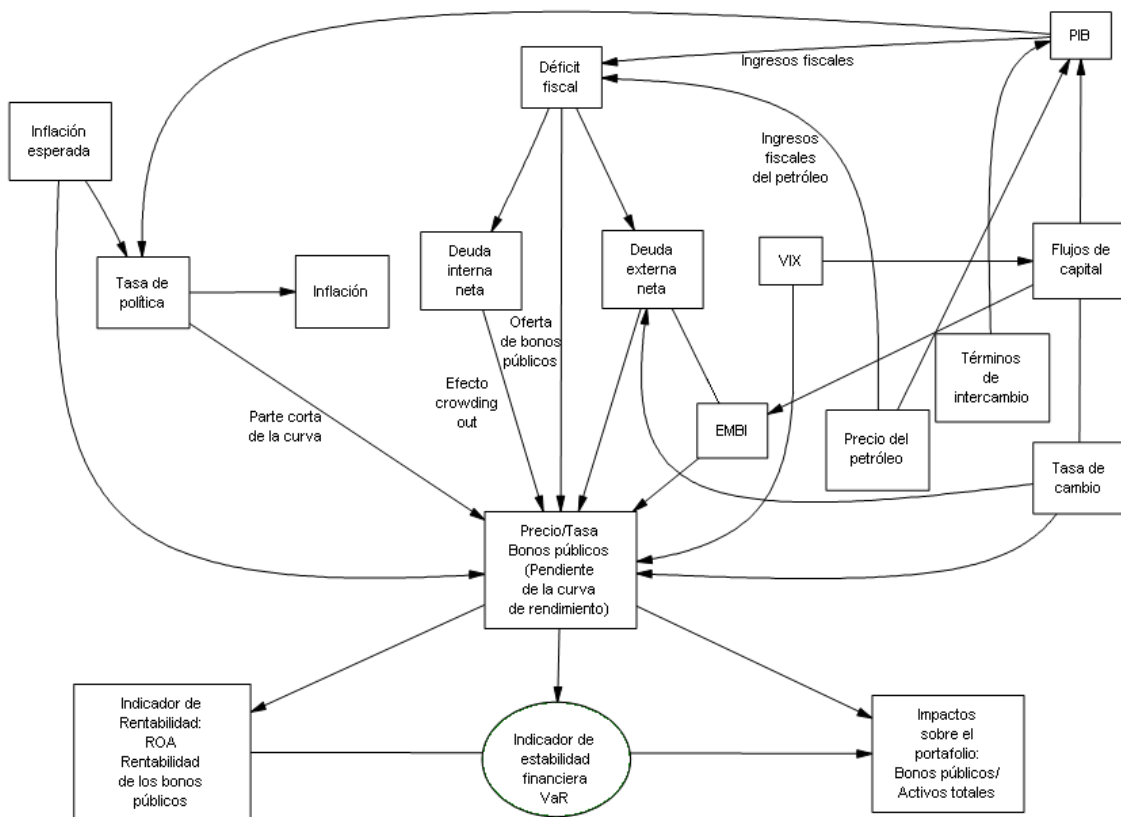
4. Mercado de deuda pública y estabilidad financiera

En esta sección se presenta el *GAD* de referencia, el cual representa los diferentes flujos y variables que afectan el mercado de bonos gubernamentales y la estabilidad financiera en Colombia (Figura 1). El diseño de este mapa tiene en cuenta el comportamiento histórico de las variables, diferentes aspectos teóricos acerca de las relaciones causales entre las variables involucradas y la información obtenida a través de entrevistas con personas expertas en el mercado de deuda pública y del sistema financiero. En estas entrevistas participaron funcionarios del Ministerio de Hacienda responsables de la definición de las políticas para la emisión de los bonos, miembros de la Subgerencia de Monetaria y Reservas y del Departamento de Fiduciaria y Valores del Banco de la República, y directores de departamentos de estudios económicos de diferentes bancos privados, responsables de las decisiones de compra y administración de los bonos de deuda pública. Estas entrevistas nos permitieron identificar los elementos que tienen en cuenta los bancos al adquirir títulos de deuda pública, así como los canales a través de los cuales diferentes

variables económicas pueden afectar el mercado de bonos interno y la rentabilidad y estabilidad de las entidades financieras.

En general, los efectos de los diferentes choques externos e internos que afectan el mercado de deuda pública se expresan directamente en cambios sobre la tasa de interés, variable que a su vez afecta los precios, la valorización de los bonos y los indicadores financieros de los bancos. Teniendo en cuenta que las tasas se pueden afectar en forma diferente, dependiendo del plazo de maduración de los títulos, en este documento se usa la curva de rendimiento para evaluar el impacto de los choques en el mercado de deuda pública.

Figura 1: Mapa de referencia de la relación entre el mercado de deuda pública y estabilidad financiera



Fuente: Elaboración de los autores.

En la parte superior del mapa se presentan los canales a través de los cuales se afecta la tasa de interés de los títulos, así como las relaciones causales entre las diferentes variables. A nivel interno, varios choques relacionados con la política monetaria y fiscal pueden afectar directa o indirectamente el mercado de deuda pública. Por ejemplo, la política fiscal está directamente relacionada con el mercado de deuda del gobierno, dado que la oferta de títulos depende de su balance fiscal. En particular, un aumento del déficit fiscal requiere de mayores recursos de financiamiento internos o externos. De acuerdo con la teoría económica, un incremento en las necesidades de financiación se refleja en tasas de interés más altas, produciendo un desplazamiento de la inversión privada. Estas relaciones causales están representadas en el *DAG* con las flechas que conectan el crédito interno y el externo con las tasas de interés y el precio de los bonos. Como se mencionó, durante las dos últimas décadas, los mercados de deuda pública se han desarrollado en economías emergentes, sugiriendo un incremento en el uso de recursos domésticos para financiar los déficits públicos. En Colombia, la participación de la deuda interna en el total de la deuda ascendió de 24.2% en 1990 a 71.9% en junio de 2013.

El balance fiscal está afectado por el comportamiento del ingreso y/o de los gastos del gobierno. En algunos casos, los ajustes en estas variables son discrecionales pero en otros son el resultado automático de cambios en el *PIB* y en el precio del petróleo. Por ejemplo, un incremento en el *PIB*, mejora los ingresos tributarios y por ende el balance fiscal. Así mismo, los aumentos en el precio del petróleo favorecen las rentas del gobierno y las finanzas territoriales. El balance fiscal también puede ser afectado indirectamente, por ajustes en los términos de intercambio y en los flujos de capital⁴. Por otra parte, las innovaciones en la tasa de cambio impactan directamente los pagos de la deuda externa (Figura 1).

Respecto a las variables que afectan el mercado de deuda a través del canal monetario, sobresalen la inflación esperada y la observada, cuyas fluctuaciones tienen impacto en las decisiones de la Junta Directiva del Banco de la República sobre la tasa de interés de política, que afecta directamente el precio de los bonos del gobierno. En este caso, puede

⁴ La relación entre flujos de capital y política fiscal se estudia en Lozano, Melo y Ramos (2012).

producirse un desplazamiento de la curva de rendimiento, cuando el impacto sobre las tasas de interés es similar para los bonos en todos los plazos. También se pueden afectar la pendiente de la curva, cuando el efecto sobre las tasas de corto plazo difiere de las de largo plazo. La inflación puede afectar directamente la curva de rendimiento, especialmente en la parte media y larga de la curva, debido a cambios en las expectativas de los agentes que participan en el mercado. De otro lado, la reducción de la inflación hace que los títulos de tasa fija se vuelvan más atractivos.

Otra de las variables que puede afectar el precio de los bonos es el *Emerging Market Bond Index*, *EMBI*, que es la diferencia entre la tasa de interés de los bonos denominados en dólares estadounidenses que emite el gobierno colombiano y la tasa de los bonos del Tesoro Americano con el mismo vencimiento, considerados libres de riesgo. Este *spread* es usualmente observado por los inversionistas extranjeros cuando evalúan el desempeño de economías emergentes como la colombiana y sus variaciones tienen impacto directo sobre los precios de los títulos de deuda pública. De forma similar, como se observa en la Figura 1, variaciones en los flujos de capital causan movimientos en el *EMBI*, lo que indirectamente afecta el mercado de deuda pública. Además, se puede observar una relación bidireccional entre las innovaciones del *EMBI* y las del crédito externo (Figura 1).

El precio de los bonos de deuda interna en países emergentes está cada vez más relacionado con eventos internacionales, como los anuncios y ajustes en las tasas de interés en las economías avanzadas y los movimientos en el apetito por riesgo de los inversionistas extranjeros. Este tipo de eventos se pueden medir a través del *spread* entre el rendimiento de los bonos corporativos de los Estados Unidos y los títulos de deuda pública de este país. Los cambios en esta variable causan ajustes directos en el precio de los bonos soberanos de las economías emergentes, especialmente en el tramo corto de la curva, como recientemente se observó durante la crisis financiera internacional.

Finalmente, la parte inferior de la Figura 1 muestra las conexiones entre la tasa de interés de los títulos del gobierno y las variables asociadas a la rentabilidad y a la estabilidad financiera de los bancos. Como se mencionó, los bancos cuentan con *TES* al vencimiento,

TES disponibles para la venta y *TES* negociables. Estos últimos títulos son transados en el mercado secundario y su valoración depende de los precios de los bonos, cuyos cambios se reflejan en los balances de los bancos. El efecto sobre la rentabilidad y la estabilidad bancaria depende de la proporción de este tipo de papeles en el portafolio de los bancos. La respuesta sobre la rentabilidad de los bancos ante cambios en el precio de los bonos del gobierno se evalúa a través del retorno sobre los activos de los bancos (*ROA*, *Return on Assets*) y el rendimiento de los bonos públicos. Para medir la respuesta de los bancos, también se incluye como indicador la proporción de bonos públicos en el portafolio, con el fin evaluar posibles ajustes ante cambios en las valoraciones de los bonos.

Por último, como indicador de estabilidad financiera se escogió el *Value at Risk (VaR)*, que es una medida de riesgo de mercado que mide “la posibilidad de obtener pérdidas en las posiciones de un activo a causa de cambios en sus precios” y que brinda elementos para que las instituciones no asuman riesgos más allá de un nivel máximo de pérdidas (Melo y Granados, 2010, p. 4). Para el análisis empírico usamos el *VaR* estimado por el Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República, el cual permite medir el riesgo de pérdida en posiciones de deuda pública debido a cambios en sus precios.

5. Datos y resultados

En esta sección se presentan y analizan de manera conjunta los resultados de los efectos contemporáneos obtenidos a través del *GAD* y las funciones de impulso-repuesta estimadas mediante los modelos *SVAR*. Las series utilizadas en la estimación del *GAD* y del *SVAR* incluyen el PIB, el *EMBI*, el *VIX*⁵, el déficit fiscal del gobierno central, el crédito interno y externo neto del gobierno, la inflación observada y esperada, la tasa de cambio, la tasa de interés de política monetaria, una medida de flujo de capitales, el precio del petróleo, los términos de intercambio y las tasas de interés de los *TES*. La información es mensual y cubre el período comprendido entre octubre de 2003 y marzo de 2013. Las variables de origen interno provienen del Banco de la República y el *EMBI* y el *VIX* de Bloomberg. Para

⁵ Este índice corresponde al *Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index*, y mide el apetito por riesgo de los inversionistas internacionales.

el ejercicio también se calcularon indicadores de rentabilidad bancaria y la participación de los *TES* en los portafolios de los bancos, para lo cual se utilizó la información proveniente de los estados financieros de estas entidades, como se explica más adelante.

Como indicador de la estructura de las tasas de interés de los bonos se utiliza la pendiente de la curva de rendimiento, la cual brinda información sobre las tasas de los bonos públicos a diferentes plazos de vencimiento y ofrece un marco completo de la estructura y el desarrollo del mercado de bonos públicos en el país. Para el ejercicio empírico se usa la diferencia entre la tasa mensual promedio de los bonos con vencimiento a diez años y la tasa mensual promedio de los bonos a un año. Estos plazos son representativos del mercado de deuda pública colombiano y reflejan el comportamiento global del mercado. La curva de rendimiento ha sido usada en la literatura para predecir el comportamiento de la economía, ya que ofrece información sobre la rentabilidad de la deuda del gobierno y de los retornos esperados de los planes de consumo de los agentes (Álvarez, Ramírez y Rendón, 2010).

En el caso del mercado colombiano, las tasas de corto y de largo plazo registran diferentes patrones de comportamiento a lo largo del período bajo estudio, lo cual se refleja en la pendiente de la curva de rendimientos. La diferencia entre las tasas corto y largo plazo fue mayor entre 2003 y 2005, y entre mayo de 2009 y junio de 2011. Así mismo, la diferencia entre estas tasas fue menor entre enero de 2006 y abril de 2009, y desde julio del 2011 hasta marzo de 2013 (Gráfico 2). Estos periodos se pueden asociar a los diferentes episodios, explicados en la sección anterior.

La identificación del orden de los choques y las variables requeridas para la estimación del *SVAR*, se realizó utilizando los modelos *GAD*, de acuerdo con el algoritmo propuesto en la sección metodológica. Las variables seleccionadas y el orden de los choques se presentan en la Figura 2.

Gráfico 2. Pendiente de la curva de rendimiento colombiana

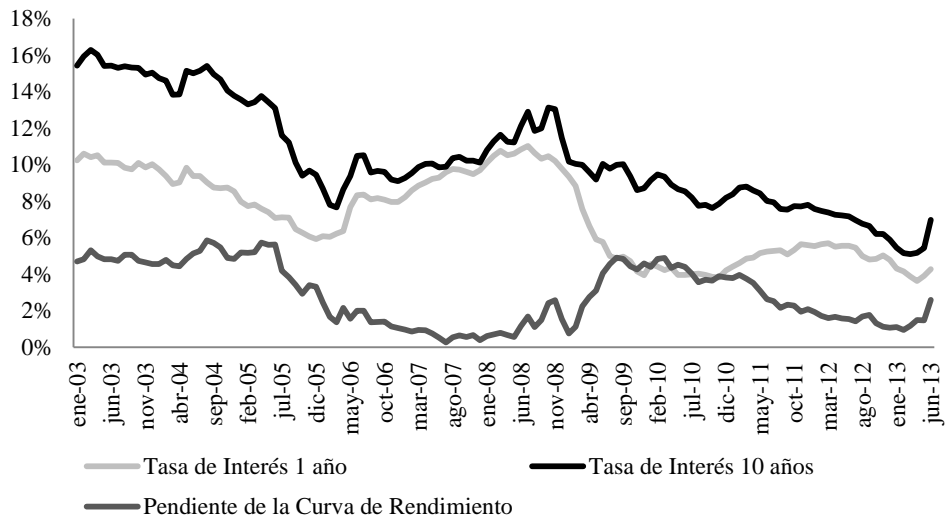
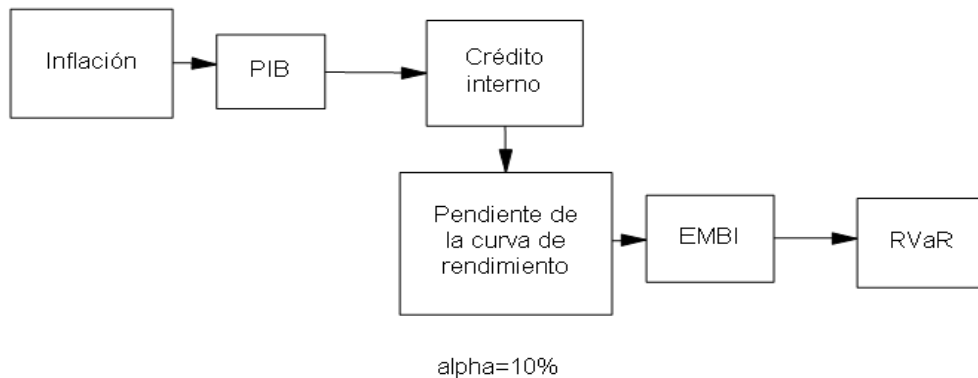


Figura 2: Configuración para la ordenación de los Choques



La Tabla 1 presenta los efectos contemporáneos de las innovaciones en diferentes variables macroeconómicas internas y algunos indicadores externos sobre la pendiente de la curva de rendimiento, calculados a través del *GAD* y el Gráfico 3 presenta las funciones impulso – respuesta del modelo *SVAR*. Los resultados indican que un incremento en la inflación tiene un efecto contemporáneo negativo sobre la pendiente de la curva de rendimiento, lo cual es consistente con la respuesta obtenida mediante el *SVAR* para el primer periodo (Gráfico 3). Estos resultados sugieren que innovaciones en la inflación alteran especialmente la tasa de interés de corto plazo de los bonos públicos, lo cual genera una reducción de la pendiente

de la curva. A partir del tercer mes, la respuesta se torna positiva, sugiriendo ajustes en las tasas de interés de los bonos del gobierno (Gráfico 3).

Tabla 1: Efectos contemporáneos sobre la curva de rendimiento

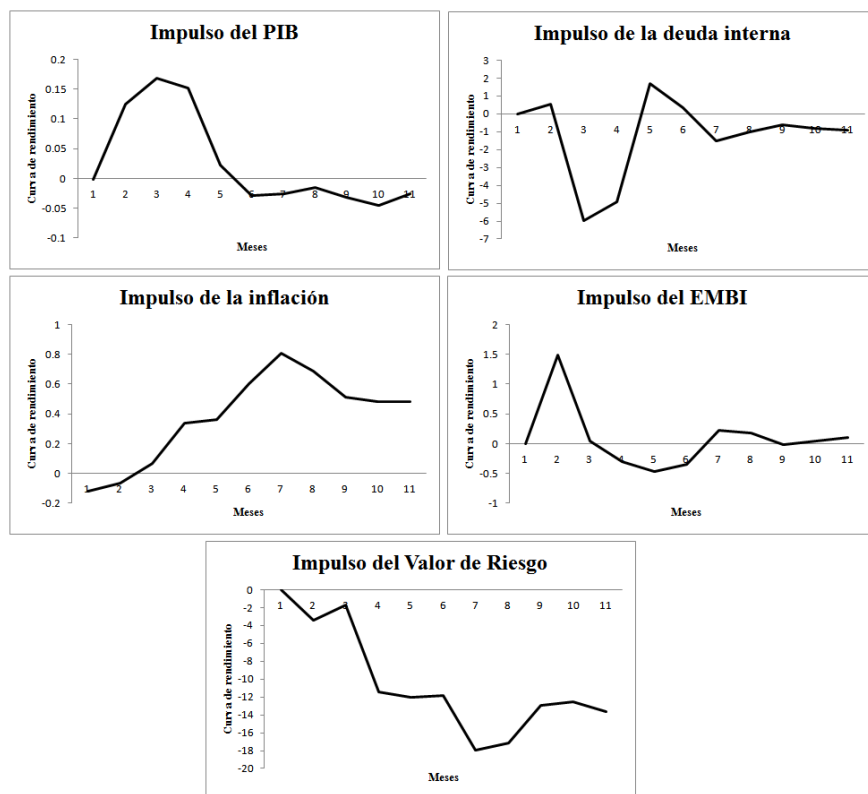
Variables causales	Bandas	
Inflación	-0.1361	-0.1361
Tasa de cambio	-0.0550	-0.0790
Inflación esperada	0.0000	0.0000
Tasa de interés de política	-0.3320	-1.3287
Flujo de capitales	-0.0007	-0.0002
Déficit fiscal	-1.0459E-05	-1.0459E-05
Crédito interno neto	5.1665E-05	5.1665E-05
Crédito externo neto	-1.1051E-04	-9.0619E-05
EMBI	0.0162	0.0162
VIX	-0.0213	-0.0213
Precio de Petróleo	-0.0351	-0.0351
Términos de intercambio	-0.0142	0.0696
PIB	-6.6883E-05	-6.6883E-05

Fuente: Cálculos de los autores

Por su parte, la inflación esperada no muestra efectos causales contemporáneos en la curva de rendimiento, lo cual puede obedecer a que la inflación esperada afecta las tasas de los bonos en todos los plazos, debido al ajuste de las expectativas de los agentes, lo cual genera un desplazamiento de la curva de rendimiento manteniendo invariante la pendiente. Adicionalmente, la tasa de interés de política tiene un efecto negativo sobre la pendiente de la curva de rendimiento, ya que afecta directamente las tasas de los bonos de corto plazo.

Esta relación entre la tasa de política y la de los títulos de deuda pública es consistente con los resultados encontrados por Cook y Hahn (1989).

Gráfico 3: Impulso-respuesta de la curva de rendimiento



Con respecto a las variables asociadas a la política fiscal, innovaciones en el déficit tienen un efecto contemporáneo pequeño en la pendiente de la curva de rendimiento. De acuerdo con las entrevistas realizadas a los agentes del mercado, este resultado puede obedecer a que la preocupación de los bancos al tomar decisiones sobre la compra de bonos del gobierno no está centrada en el tamaño del déficit fiscal, sino en la liquidez del mercado de títulos, y en el perfil y concentración de los vencimientos de los bonos. Estos aspectos permiten evaluar mecanismos de fondeo a corto plazo y posibles dificultades en la respuesta al pago de bonos en las fechas de vencimiento. De otro lado, entre 2003 y 2013, los resultados fiscales no mostraron cambios significativos en la deuda pública.

De otro lado, los resultados indican que un impacto en la deuda interna no tiene efecto contemporáneo sobre la pendiente de la curva de rendimientos, lo cual es consistente con los resultados para el déficit. No obstante, de acuerdo con los modelos *SVAR* la respuesta se torna negativa en el tercer y cuarto periodo después del choque inicial (Gráfico 3). Este resultado se puede atribuir a que una vez los agentes asimilan un problema fiscal, las tasas de interés de largo plazo tienen a aumentar por el ajuste en las expectativas sobre la estabilidad de la deuda. Si esta tendencia se mantiene, las tasas de corto plazo podrían también aumentar, cambiando la respuesta inicial de la curva, como se observa en el quinto mes de la función de impulso-respuesta (Gráfico 3). A partir del sexto mes la respuesta se estabiliza alrededor de cero sugiriendo ajustes similares en las tasas de corto y de largo plazo.

Las innovaciones en el crédito externo sobre la pendiente de la curva también son pequeñas, pero a diferencia de la deuda interna neta, el efecto contemporáneo es positivo. Esta diferencia en el signo del efecto podría obedecer a que incrementos en el financiamiento externo podrían tener un impacto sobre la prima de riesgo del país y en consecuencia sobre la tasa de interés de los bonos domésticos de más largo plazo.

Por otra parte, los resultados del *GAD* indican que las innovaciones en el PIB tienen efectos contemporáneos pequeños sobre la curva de rendimiento. Sin embargo, de acuerdo con el modelo *SVAR*, la respuesta de la pendiente de la curva de rendimiento por choques en el PIB es positiva durante el segundo y tercer periodo, lo cual podría ser explicado por una reducción en las tasas de interés de corto plazo de los bonos. Esta reducción podría obedecer a que las innovaciones positivas en la producción mejoran las expectativas sobre la economía y producen efectos favorables en la percepción del riesgo de los agentes nacionales y extranjeros. A partir del cuarto y quinto periodo se observa una caída en la pendiente de la curva, que podría ser el resultado de acciones de política monetaria que incrementan la tasa de interés de política para evitar presiones inflacionarias. A partir del sexto periodo, la pendiente de la curva se estabiliza alrededor de cero, indicando ajustes similares en las tasas de corto y de largo plazo de los bonos públicos (Gráfico 3).

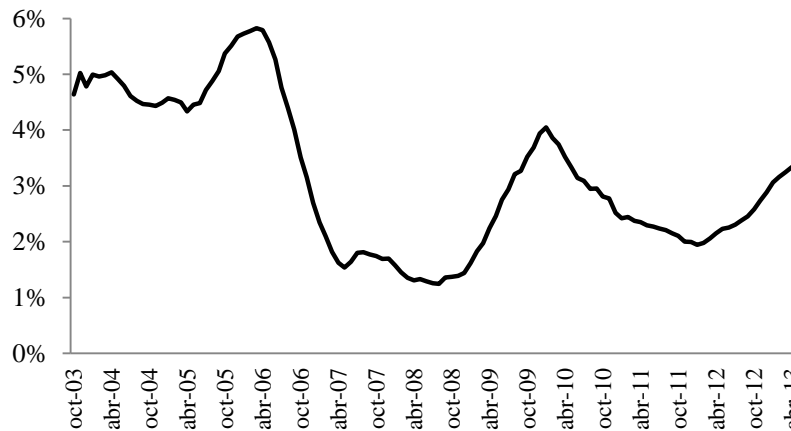
Se debe tener en cuenta que el PIB puede responder a las fluctuaciones en los términos de intercambio y en los flujos de capital y por ende afectar la pendiente de la curva de rendimiento con efectos contemporáneos muy pequeños. De otro lado, el precio del petróleo tiene un impacto positivo sobre el producto y las cuentas fiscales a través de los mayores ingresos petroleros que se generan, contribuyendo a reducir las necesidades de financiamiento del gobierno. El efecto contemporáneo de esta variable sobre la pendiente de la curva es negativo.

Con respecto al indicador de percepción del riesgo soberano, medido por el *EMBI*, se encuentra que aumentos en esta variable, produce en términos generales incrementos en las tasas de los bonos de deuda pública en todos los plazos, ocasionando un desplazamiento de la curva de rendimiento. No obstante, se observa un pequeño efecto positivo del *EMBI* sobre la pendiente de la curva (Tabla 1). El impulso-respuesta obtenido mediante el *SVAR* para el primer periodo confirma este resultado. La respuesta en el segundo periodo es positiva, sugiriendo un mayor impacto sobre las tasas de interés de largo plazo, por el efecto del *EMBI* sobre la percepción de riesgo de los inversionistas. A partir del tercer mes, los efectos tienden a estabilizarse (Gráfico 3).

Por su parte, el *VIX*, que es un indicador del apetito por riesgo de los inversionistas extranjeros y está relacionado con el *EMBI* (Julio, Lozano y Melo, 2012), tiene un efecto negativo sobre la curva de rendimiento. Lo anterior sugiere una mayor incidencia sobre la tasa de interés de corto plazo de los bonos, probablemente por los ajustes en las perspectivas sobre el desempeño de la economía mundial que generan cambios en la demanda de los bonos en economías emergentes.

A continuación, se evalúan los cambios que la pendiente de la curva de rendimiento genera en los indicadores de rentabilidad y estabilidad financiera (Tabla 2). Para medir la rentabilidad de los bancos se incluye el indicador *ROA* y el rendimiento de los bonos públicos, medido como la razón entre los beneficios o pérdidas contabilizadas por la posesión de bonos y el saldo de los bonos públicos en el portafolio de los bancos. El comportamiento de esta razón para el periodo de análisis se observa en el Gráfico 4.

Gráfico 4. Rentabilidad de los TES en poder de los bancos



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

De acuerdo con los resultados obtenidos a través del *GAD*, el efecto contemporáneo de los cambios en la curva sobre los dos indicadores de rentabilidad es positivo. Este resultado puede tener origen en la ventaja que toman los bancos de las fluctuaciones de la pendiente de la curva de rendimiento, cuando realizan sus operaciones en el mercado secundario de bonos. Adicionalmente, los resultados indican que las innovaciones en la pendiente de la curva de rendimiento generan ajustes contemporáneos positivos en la proporción de los bonos públicos dentro del total de activos de los bancos. Ello puede obedecer a la recomposición del portafolio de los bancos, ante los aumentos en la rentabilidad de los títulos del gobierno.

De otro lado, en cuanto a la respuesta sobre la estabilidad financiera, medida a través del indicador de riesgo de mercado, *Var*, los resultados señalan que un incremento en la pendiente de la curva de rendimiento tiene un efecto pequeño y positivo en este indicador. Este hecho es consistente con el impulso-respuesta obtenido mediante el *SVAR* para el primer periodo. La respuesta positiva puede ser el resultado del riesgo que los bancos toman por movimientos en los precios de los bonos en el corto plazo. La respuesta en el indicador de riesgo se reduce en el tercer y cuarto periodo debido a los ajustes que realizan los bancos ante los cambios en el mercado, lo cual refleja el comportamiento de los bancos de acuerdo con las entrevistas realizadas. A partir del quinto periodo, la variable se estabiliza alrededor de cero.

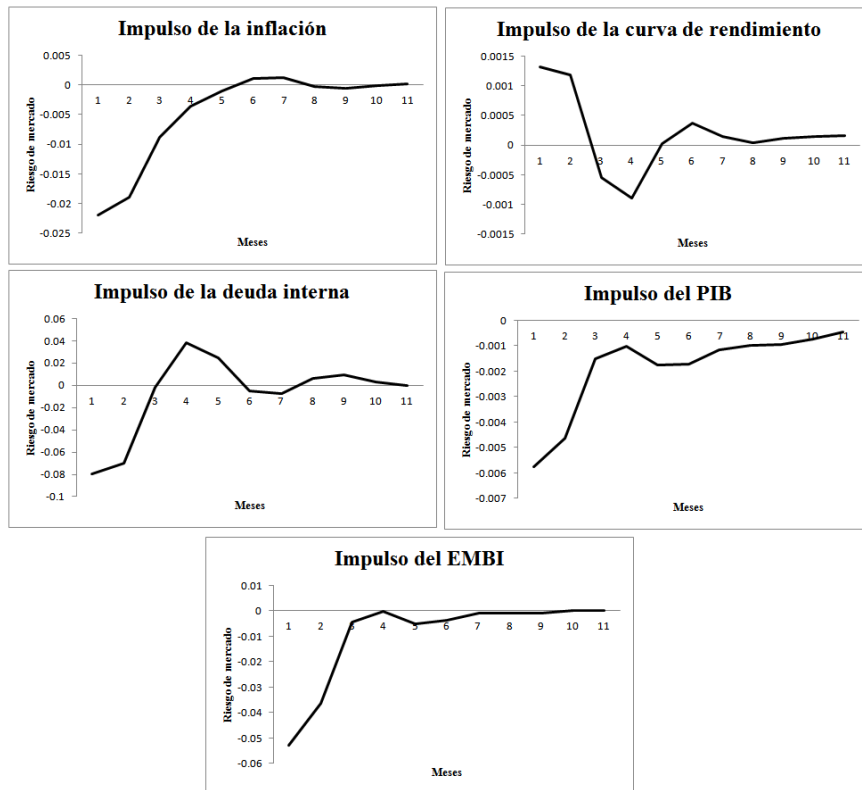
Tabla 2: Efectos contemporáneos sobre la rentabilidad y estabilidad de los bancos

Variable Causal: Pendiente de la curva de rendimiento	
ROA	0.0037
Rendimiento de los Bonos públicos	0.5122
Bonos públicos / Activos totales	1.5579
Value at Risk (<i>VaR</i>)	0.0002

Fuente: Cálculo de los autores.

Finalmente, las funciones impulso-respuesta provenientes del *SVAR* indican que cambios en la inflación, en la deuda interna neta, el *EMBI* y el *PIB* tienen un impacto negativo sobre el *VaR* durante los dos primeros períodos y, desde el tercero tienden a estabilizarse alrededor de cero (Gráfico 5).

Gráfico 5: Impulso-respuesta del indicador de riesgo (*VaR*)



6. Conclusiones

En este estudio se utilizaron modelos *GADs* y *SVAR* para evaluar el impacto de diversos choques económicos sobre la pendiente de la curva de rendimiento, así como sobre la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera. Aunque el sector financiero se ha beneficiado del desarrollo del mercado de deuda pública, al disponer de una forma alternativa para invertir sus recursos y diversificar el riesgo, la volatilidad en este mercado conlleva riesgos potenciales, relacionados con la liquidez y la solvencia de los bancos.

Los mercados de deuda pública son afectados por choques económicos internos y externos que se manifiestan en la pendiente de la curva de rendimiento, la cual proporciona información sobre el comportamiento de las tasas de los bonos a distintos plazos, por lo que ofrece un marco completo sobre la estructura y el comportamiento del mercado de bonos. De otro lado, los cambios en la pendiente de la curva tienen efectos sobre la rentabilidad de los bancos y la estabilidad financiera.

A partir de los resultados de los *GADs*, así como de las funciones impulso-respuesta, de los *SVAR* se concluye que la inflación, la tasa de interés de política y el indicador del apetito de riesgo internacional, *VIX*, son las que mayor impacto negativo tienen sobre la pendiente de la curva de rendimiento, lo que sugiere que en el caso colombiano, estas variables afectan el tramo corto de la curva. De otro lado, se destaca el efecto positivo del *EMBI* sobre la pendiente de la curva de rendimiento. Este resultado puede ser explicado por el efecto de este indicador de riesgo sobre las tasa de interés en todos los plazos, especialmente las de largo plazo.

Es importante destacar que el déficit fiscal y su financiamiento, contrario a lo que podría esperarse, tienen solo un pequeño efecto contemporáneo sobre las tasas de interés de los bonos. Esto puede estar relacionado con la situación fiscal observada durante el período bajo estudio que fue se caracterizó por una reducción del tamaño del déficit. Adicionalmente, los bancos en general tienen una visión de corto plazo a la hora de tomar

decisiones sobre la inversión de títulos de deuda pública, y evalúan principalmente la estructura y el perfil de vencimientos de los títulos, antes que el resultado fiscal del gobierno.

Por último, cuando la brecha entre las tasas de corto y largo plazo se amplía, la respuesta contemporánea en la rentabilidad de los bancos es positiva lo que sugiere que en el corto plazo, los bancos toman ventaja de los movimientos de la curva de rendimiento, lo cual se refleja en las transacciones en el mercado secundario. Como resultado, los bancos tienden a aumentar la participación de los bonos en sus portafolios. Del mismo modo, hay un efecto contemporáneo positivo en el indicador de riesgo debido a los cambios en la pendiente, lo que disminuye de forma dinámica y tiende a estabilizarse en torno a cero. Este resultado sugiere un pequeño impacto en esta dimensión de la estabilidad financiera.

Referencias

- Álvarez, M., Ramírez, A., y Rendón, A. (2010). La curva de rendimientos como un indicador adelantado de la actividad económica, el caso colombiano: período 2001-2009. *Ecós de Economía*, 31. Universidad EAFIT, p. 39.
- Awokuse, T. O., (2006). Export-led growth and the Japanese economy: evidence from VAR and directed acyclic graphs. *Applied Economics*, 38, 593–602.
- Awokuse, T. O. y Bessler, D. A. (2003). Vector Autoregressions, Policy Analysis, and Directed Acyclic Graphs: An Application to the U.S. Economy. *Journal of Applied Economics*, 6 (1).
- Bessler, D. A. y Yang, J. (2003). The structure of interdependence in international stockmarkets, *Journal of International Money and Finance*, 22, 261–87.
- BIS (2007). Financial stability and local currency bond markets. *CGFS Papers*, 28. Committee on the Global Financial System. Bank for International Settlements.
- Cook, T. y Hahn, T. (1989). The effect of Changes in the Federal Funds Rate Target on Market Interest Rates in the 1970s. *Journal of Monetary Economics*, 24: 331-351.
- Das, U., Papapioannou, M., Pedras, G., Ahmed, F., y Surti, J. (2010). Managing Public Debt and Its Financial Stability Implications. IMF Working Paper, 280. International Monetary Fund.
- Favero, C. A. y F. Giavazzi (2004). Inflation Targeting and Debt: Lessons from Brazil. *NBER Working Paper*, 10390. National Bureau of Economic Research.

Hoover, K. (2006). Economic Theory and Causal Inference. In Gabbay, D. M., P. Thagard and J. Woods (2012), *Philosophy of Economics, Handbook of the Philosophy of Science*, p. 105-107.

Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República (1999). Banco de la República. Julio.

Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República (2007). Banco de la República. Marzo.

Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República (2008). Banco de la República. Julio

Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República (2013). Banco de la República. Julio.

Julio, J. M., Lozano, I., y Melo, L. (2012). Quiebre Estructural de la Relación entre la Política Fiscal y el Riesgo Soberano en las Economías Emergentes: El Caso Colombiano. *Borradores de Economía*, 693. Banco de la República.

Lozano, I., Melo, L., y Ramos, J. (2012). Flujos de Capital y Política Fiscal en las Economías Emergentes de América Latina. *Borradores de Economía*, 702. Banco de la República.

Mehrotra, A., Miyajima, K., y Villar A. (2012). Developments of domestic government bond markets in EMEs and their implications. In Bank for International Settlements, Fiscal policy, public debt and monetary policy in emerging market economies. *BIS Papers*, 67. Monetary and Economic Department, Bank for International Settlements.

- Melo V., L. F. y Granados C., J. C. (2010). Regulación y valor en riesgo. Borradores de Economía, 615. Banco de la República.
- Pearl, J. (2000). Causality: Models, Reasoning, and Inference. Cambridge University Press, New York.
- Reporte de Estabilidad Financiera (2002). Banco de la República. Departamento de Estabilidad Financiera, Subgerencia Monetaria y de Reservas. Diciembre
- Reporte de Estabilidad Financiera (2007). Banco de la República. Departamento de Estabilidad Financiera, Subgerencia Monetaria y de Reservas. Marzo
- Reporte de Estabilidad Financiera (2008). Banco de la República. Departamento de Estabilidad Financiera, Subgerencia Monetaria y de Reservas. Septiembre
- Rodríguez, R. A. (2005). Colocar menos cartera e invertir en TES: ¿una decisión óptima? Análisis de las inversiones en la banca colombiana 1995 – 2003. Documento CEDE, 2005-1, edición electrónica ISSN 1657-7191.
- Spirtes, P., Glymour, C. y Scheines, R. (2000) Causation, Prediction, and Search, MIT Press, Cambridge, MA.
- Swanson, N., y Granger, C. (1997). Impulse Response Function Based on a Causal Approach to Residual Orthogonalization in Vector Autoregressions. Journal of American Statistical Association, 92 (437), 357-367.