

14. MERCADO DE BONOS SOBERANOS Y ESTABILIDAD FINANCIERA: UNA APLICACIÓN DE GRÁFICOS ACÍCLICOS DIRECCIONADOS (GAD) Y MODELOS SVAR

**Jorge Ramos F.
Ligia Alba Melo B.
Héctor Zárate Solano***

Durante las dos últimas décadas los mercados de deuda pública interna han registrado un desarrollo 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 de este avance, ya que cuenta con una forma alternativa de invertir 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 mediante 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 provocar 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.

* Los autores pertenecen a la Gerencia Técnica del Banco de la República. Agradecen 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, la asistencia en la investigación de Juliana Arias y Sonia Salazar, y el suministro de información por parte de Luisa Silva y Néstor Espinosa. Las opiniones expresadas son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Banco de la República ni de su Junta Directiva.

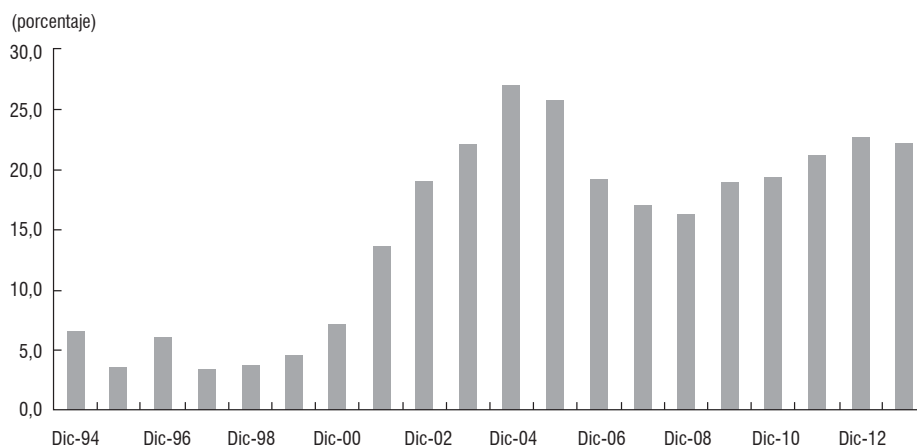
1 Para más detalles véase BIS (2007); Das *et al.* (2010) y Mehrotra, *et al.* (2012).

El origen de estos choques no solo 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 el riesgo de los inversionistas internacionales. Ejemplo de esto último es la incertidumbre en la política monetaria y fiscal de los Estados Unidos y Europa, la cual ha tenido un impacto fundamental en la demanda y 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 por parte del banco central, 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 crédito interno. En efecto, durante los últimos veinte años la deuda pública interna creció significativamente, pasando de COP3,8 billones (4,0% del producto interno bruto [PIB]) en 1994 a COP158,7 billones (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 títulos de deuda pública 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 refleja un mayor grado de exposición de las instituciones financieras a los choques 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 identificaron 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 (*GAD*) y la estimación de modelos de vectores autorregresivos estructurales (*SVAR*, por su sigla en inglés).

Es importante señalar que, aunque el estudio de relaciones estructurales causales a partir del uso de *GAD* ha proporcionado importantes avances teóricos y prácticos en las dos últimas décadas, su utilización ha sido limitada en economía y finanzas (Spirtes, *et al.*, 2000; Hoover, 2006; Swanson y Granger, 1997; Awokuse, 2006; Awokuse y Bessler, 2003; Bessler y Yang, 2003). El análisis con *GAD* 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 capítulo consta de cinco secciones, además de esta introducción. En la primera se presentan algunos aspectos relacionados con el mercado de deuda pública en Colombia y su relación con el sistema financiero. En la segunda sección se describe la metodología utilizada. En la tercera 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 cuarta 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.

1. MERCADO DE DEUDA PÚBLICA Y EL SISTEMA FINANCIERO EN COLOMBIA

Como se mencionó, el mercado de deuda pública en Colombia se inició después de la expedición de la Constitución Política de Colombia de 1991, con la cual se 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 con 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, lo que podría ocasionar una crisis de confianza, por la preocupación de insolvencia por parte del gobierno para canjear los bonos en su vencimiento (Das, *et al.*, 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 República. Los bancos también utilizan los bonos soberanos como una alternativa de inversión, mediante 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 *swap*. 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 provocada por el deterioro fiscal del momento (Banco de la República, 1999).

Por 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 Latinoamérica. Entre julio y octubre de este último año se presentó una situación de estrés en el mercado secundario de deuda pública, que se reflejó en un aumento y una volatilidad de la tasa de interés de los títulos. 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 Banco de la República, 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 con la incertidumbre sobre el crecimiento y la inflación mundial, que afectó el apetito por el riesgo de los inversionistas internacionales y el precio de los activos locales. Este fenómeno estuvo acompañado por un aumento de la tasa de interés de política monetaria después de un período 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 (Banco de la República, 2007a y 2007b).

La crisis internacional de 2008 también afectó el mercado de deuda pública interna en Colombia. Como respuesta a la desaceleración económica asociada con 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 (Banco de la República, 2008a, 2008b y 2009).

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 tasas de interés internacionales, 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 (Banco de la República, 2013).

2. 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 GAD para identificar y medir los efectos contemporáneos entre las variables macroeconómicas y financieras, utilizando datos observados entre octubre de 2003 y marzo de 2013. En la segunda etapa se complementa 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).

2.1 Modelos gráficos y gráficos acíclicos direccionados

Los modelos GAD son objetos matemáticos construidos 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, y 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 determinada. 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 a saber: 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_p , es independiente de todos los otros nodos en el gráfico derivado de 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 *padre*, 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, *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:

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

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

2.2 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 con funciones impulso-respuesta o mediante 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

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

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

$Y_t = (y_{t1}, \dots, y_{tk})'$; $A_j (j = 1, \dots, p) k \times k$; son las matrices de coeficientes; u_t es el vector de proceso de 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 *emerging market bond index* (EMBI, por su sigla en inglés), 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:

Obtener la matriz de residuales \hat{u}_t

Buscar la causalidad entre u_{1t}, \dots, u_{kt} mediante el uso de los modelos GAD, lo que en efecto significa también la causalidad entre y_{1t}, \dots, y_{kt}

Estimar las funciones impulso-respuesta del modelo SVAR.

3. 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 (Diagrama 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 con entrevistas a personas expertas en el mercado de deuda pública y del sistema financiero. En las consultas participaron funcionarios del Ministerio de Hacienda responsables de la definición de las políticas para la emisión de los bonos, miembros de la Subgerencia Monetaria y de 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 pública⁴. Estas entrevistas nos permitieron identificar los elementos que tienen en cuenta los bancos al adquirir títulos de deuda pública, así como los canales mediante los cuales diferentes variables económicas pueden afectar el mercado interno de bonos y la rentabilidad y estabilidad de las entidades financieras.

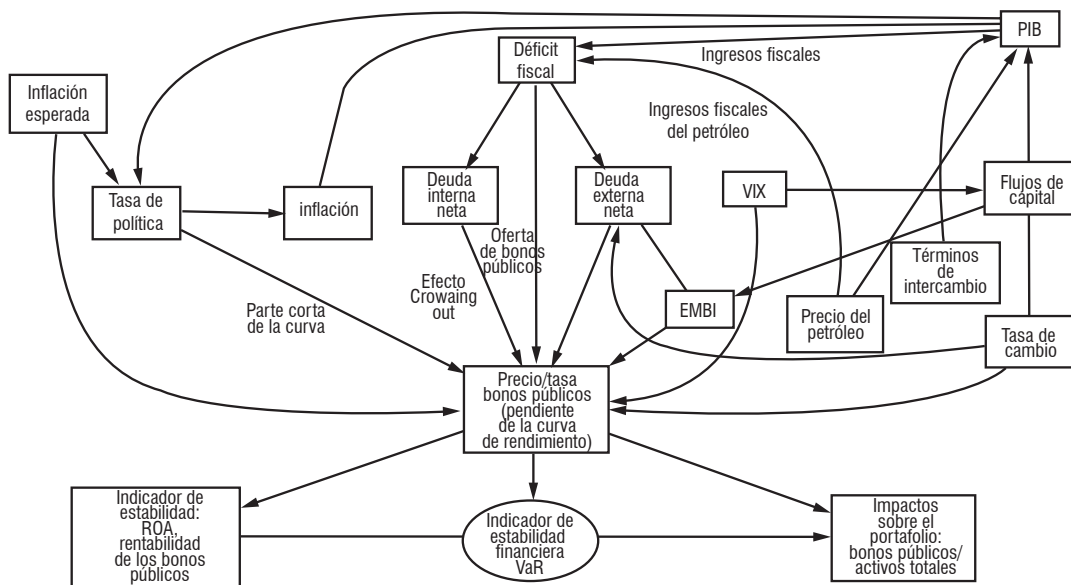
En general, los efectos de los diferentes choques externos e internos que afectan el mercado de deuda pública se expresan directamente en cambios sobre la tasa de interés, variable que a su vez afecta los precios, la valorización de los bonos y los indicadores financieros de los bancos. Teniendo en cuenta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

En la parte superior del mapa se presentan los canales mediante los cuales se afecta la tasa de interés de los títulos, así como las relaciones causales entre las diferentes variables. En el ámbito 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, puesto 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 GAD 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 locales 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.

4 Vale la pena aclarar que los jefes de estudios económicos de los bancos, además de participar en las decisiones sobre el manejo de la compra y venta de títulos, tienen conocimiento sobre el comportamiento macroeconómico del país, el mercado de deuda pública y las operaciones de tesorería. En general, las decisiones de los tesoreros de los bancos sobre compra y venta de títulos siguen los lineamientos de los jefes de estudios económicos.

Diagrama 1

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



Fuente: elaboración de los autores.

El balance fiscal está afectado por el comportamiento del ingreso o de los gastos del gobierno, o de ambos. En algunos casos, los ajustes en estas variables son discretionales, 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 capital⁵. Por otra parte, las innovaciones en la tasa de cambio impactan directamente los pagos de la deuda externa (Diagrama 1).

Con respecto a las variables que afectan el mercado de deuda mediante el 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, lo cual afecta directamente el precio de los bonos del Gobierno. En este caso, puede 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 puede 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

5 La relación entre flujos de capital y política fiscal se estudia en Lozano, *et al.* (2012).

agentes que participan en el mercado. Por 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 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 estadounidense 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 el Diagrama 1, cambios 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 (Diagrama 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 el riesgo de los inversionistas extranjeros. Este tipo de eventos se pueden medir con el *spread* entre el rendimiento de los bonos corporativos de los Estados Unidos y sus títulos de deuda pública. Los cambios en esta variable causan ajustes directos en el precio de los bonos soberanos de las economías emergentes, en particular en el tramo corto de la curva, como recientemente se observó durante la crisis financiera internacional.

Finalmente, la parte inferior del Diagrama 1 muestra las conexiones entre la tasa de interés de los títulos del Gobierno y las variables asociadas con la rentabilidad y con 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 su portafolio. La respuesta sobre la rentabilidad de los bancos ante cambios en el precio de los bonos del gobierno se evalúa mediante el 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 calcula “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: 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.

4. DATOS Y RESULTADOS

En esta sección se presentan y analizan de manera conjunta los resultados de los efectos contemporáneos obtenidos con el 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 VIX⁶, 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 de octubre de 2003 a marzo de 2013. Las variables de origen interno provienen del Banco de la República, y el EMBI y el VIX, de Bloomberg. Para 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 plazos registran diferentes patrones de comportamiento a lo largo del período estudiado, lo cual se refleja en la pendiente de la curva de rendimientos. La diferencia entre las tasas de corto y largo plazos 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 de 2011 hasta marzo de 2013 (Gráfico 2). Estos períodos se pueden asociar a los diferentes episodios, explicados en la sección anterior.

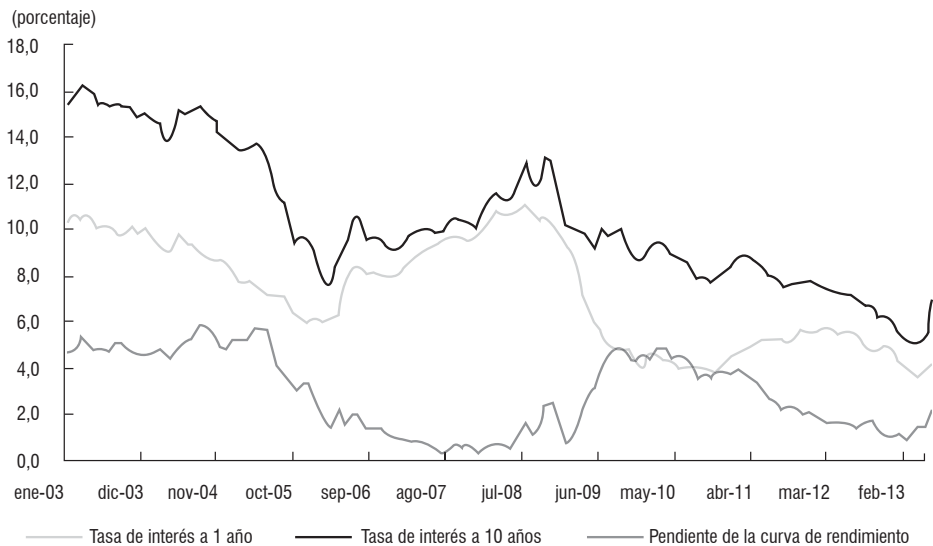
La identificación del orden de los choques y las variables requeridas para la estimación del SVAR, se realizó utilizando los modelos GAD, de acuerdo con el algoritmo propuesto en la sección metodológica. Las variables seleccionadas y el orden de los choques se presentan en el Diagrama 2.

El Cuadro 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 con el 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 choques en la inflación alteran especialmente la tasa de interés de corto plazo de los bonos públicos, lo cual genera una reducción

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

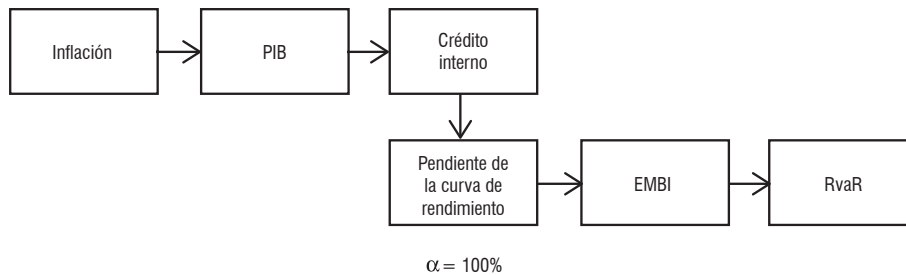
de la pendiente de la curva. A partir del tercer mes, la respuesta se torna positiva, sugiriendo ajustes en las tasas de interés de los bonos del gobierno (Gráfico 3).

Gráfico 2
Pendiente de la curva de rendimiento colombiana



Fuente: Banco de la República.

Diagrama 2
Configuración para la ordenación de los choques



Fuente: elaboración de los autores.

Cuadro 1
Efectos contemporáneos sobre la curva de rendimiento

Variables causales	Bandas	
Inflación	-0,1361	-0,1361
Tasa de cambio	-0,0550	-0,0790

Cuadro 1 (continuación)
Efectos contemporáneos sobre la curva de rendimiento

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.

Gráfico 3
Impulso-respuesta de la curva de rendimiento

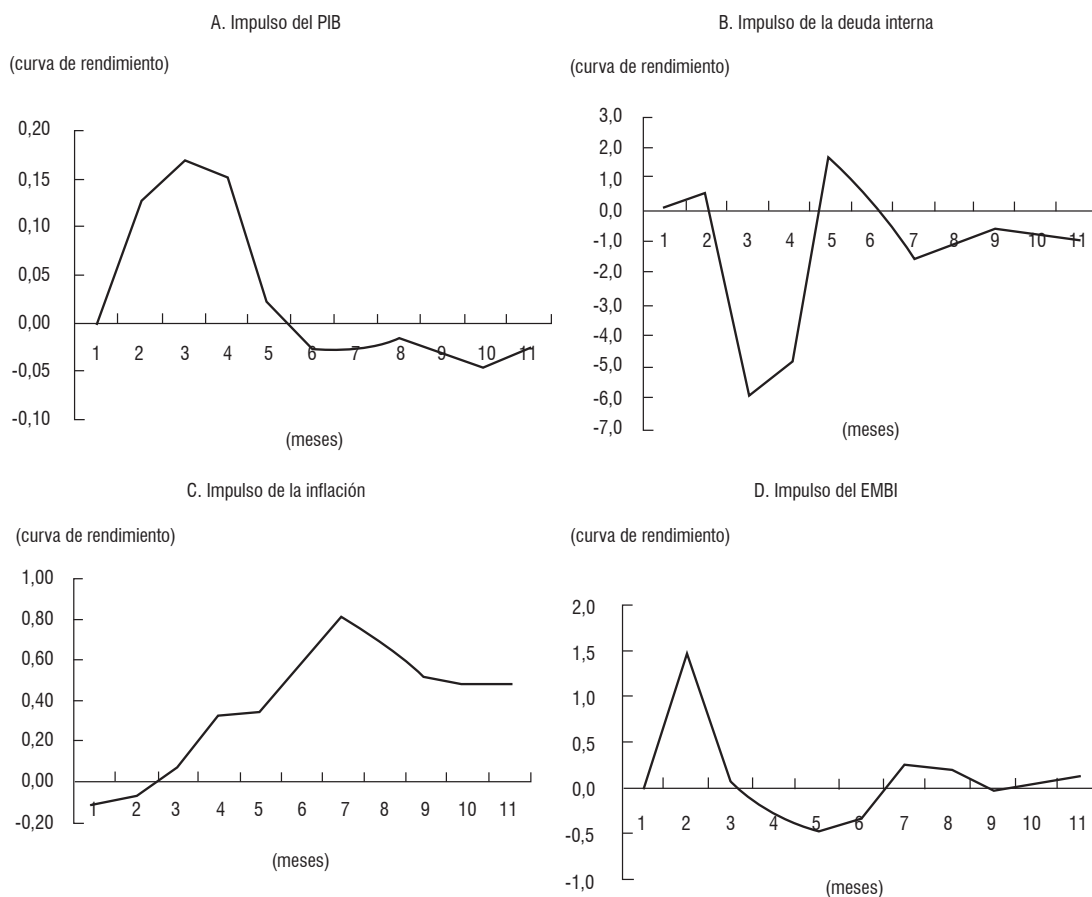
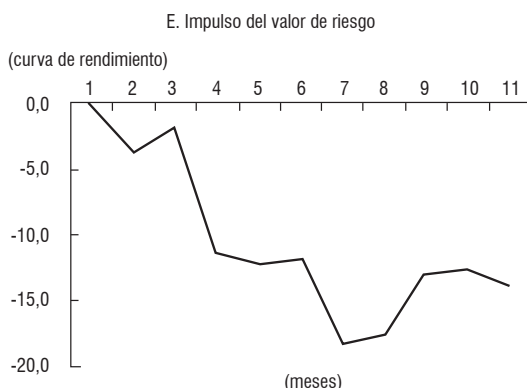


Gráfico 3 (continuación)
Impulso-respuesta de la curva de rendimiento



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).

Con respecto a las variables asociadas con la política fiscal, choques 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. Por otro lado, entre 2003 y 2013 los resultados fiscales no mostraron cambios significativos en la deuda pública.

Por su parte, 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 períodos 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 tienden 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 plazos.

Los choques en el crédito externo sobre la pendiente de la curva también son pequeños 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 locales de más largo plazo.

Por otra parte, los resultados del GAD indican que los choques en el PIB tienen efectos contemporáneos y 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 período, lo cual podría ser explicado por una reducción en las tasas de interés de corto plazo de los bonos. Esta disminución podría obedecer a que los choques positivos 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 período 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 período, la pendiente de la curva se estabiliza alrededor de cero, indicando ajustes similares en las tasas de corto y de largo plazos 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. Por otro lado, el precio del petróleo tiene un impacto positivo sobre el producto y las cuentas fiscales mediante 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, en términos generales, producen 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 (Cuadro 1). El impulso-respuesta obtenido mediante el SVAR para el primer periodo confirma este resultado. La respuesta en el segundo período 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 el riesgo de los inversionistas extranjeros, y que 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, lo cual genera cambios en la demanda de los bonos en economías emergentes.

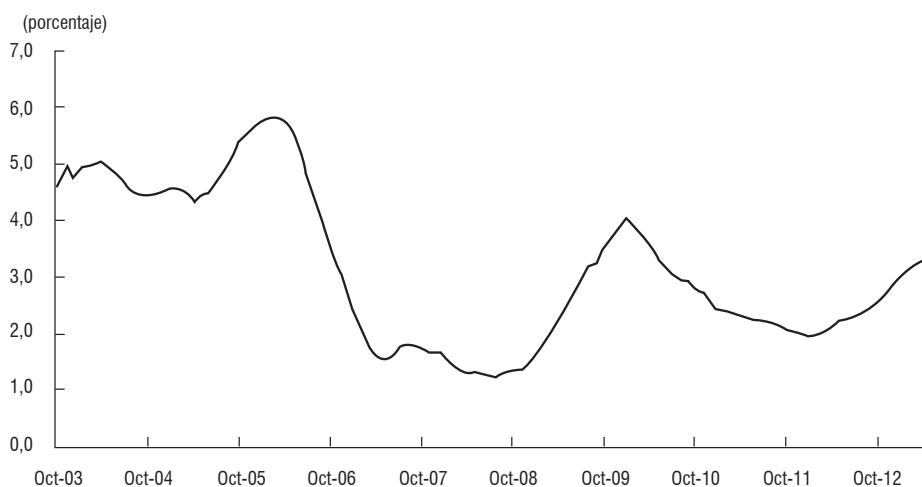
A continuación se evalúan los cambios que la pendiente de la curva de rendimiento genera en los indicadores de rentabilidad y estabilidad financiera (Cuadro 2). Para medir la rentabilidad de los bancos se incluye el indicador ROA y el rendimiento de los bonos públicos, medido como la razón entre los 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 período de análisis se observa en el Gráfico 4.

Cuadro 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 (VaR)	0,0002

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 4
Rentabilidad de los TES en poder de los bancos



Fuente: Banco de la República; cálculos de los autores.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el 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.

Por otro lado, en cuanto a la respuesta sobre la estabilidad financiera, medida con el 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 resultado obedece a la respuesta rápida que tienen los bancos para ajustar sus portafolios ante cambios en la curva de rendimiento. En efecto, de acuerdo con las entrevistas realizadas a los agentes del mercado, los bancos observan diariamente este

indicador y, ante pequeños movimientos que sean persistentes, toman decisiones para ajustar rápidamente el portafolio. Por otro lado, vale la pena señalar que la situación relativamente estable de las finanzas del gobierno central durante el período de análisis también pudo contribuir a explicar el efecto pequeño que los cambios en la curva de rendimiento de los títulos tuvieron sobre la estabilidad bancaria, lo cual podría ser diferente en un contexto de crisis fiscal.

Estos resultados son consistentes con el impulso-respuesta obtenido mediante el SVAR para el primer período. 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 período 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 período, la variable se estabiliza alrededor de cero.

Finalmente, las funciones impulso-respuesta provenientes del SVAR indican que cambios en la inflación, en la deuda interna neta, en el EMBI y en 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)

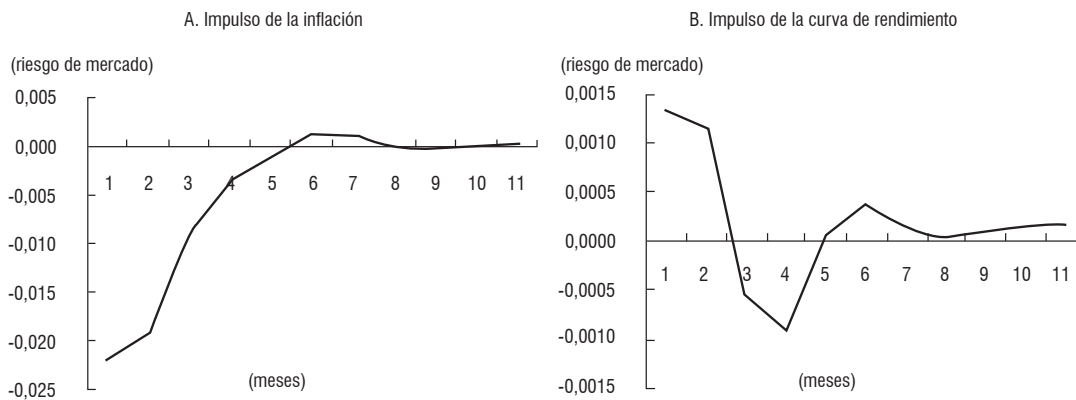
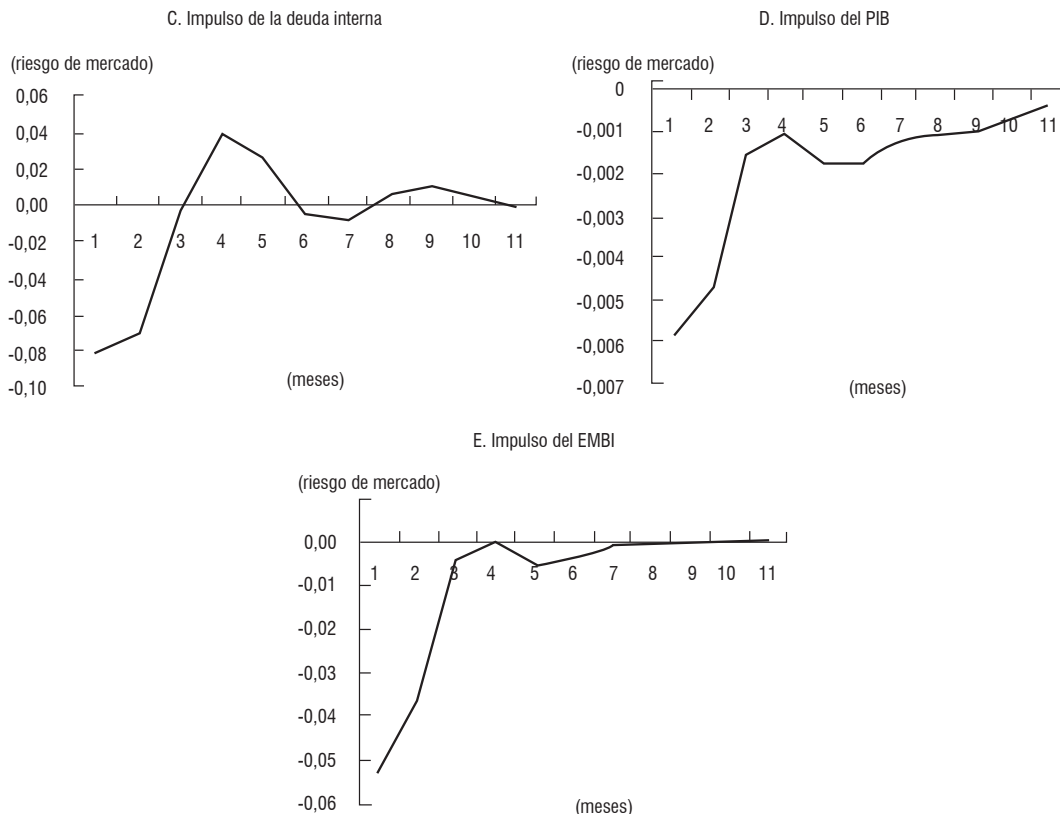


Gráfico 5 (continuación)
Impulso-respuesta del indicador de riesgo (VaR)



Fuente: cálculos de los autores.

5. CONCLUSIONES

En este estudio se utilizaron modelos GAD 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. Por su parte, 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 GAD, 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 variables que mayor impacto negativo tienen sobre la pendiente de la curva de rendimiento, lo que sugiere que, en el caso

colombiano, estas afectan el tramo corto de la curva. Por 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, la cual 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 bonos, antes que el resultado fiscal del gobierno.

Por último, cuando la brecha entre las tasas de corto y largo plazos 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.; Rendón, A. (2010). “La curva de rendimientos como un indicador adelantado de la actividad económica, el caso colombiano: período 2001-2009”, *Ecos de Economía*, núm. 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*, núm. 38, pp. 593–602.
- Awokuse, T. O.; Bessler, D. A. (2003). “Vector Autoregressions, Policy Analysis, and Directed Acyclic Graphs: An Application to the U.S. Economy”, *Journal of Applied Economics*, núm. 6, vol. 1.
- Banco de la República (1999). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*, julio.
- Banco de la República (2007). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*, marzo.
- Banco de la República (2008). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*, julio.
- Banco de la República (2013). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*, julio.
- Banco de la República (2002). *Reporte de Estabilidad Financiera*, diciembre.
- Banco de la República (2007). *Reporte de Estabilidad Financiera*, marzo.
- Banco de la República (2008). *Reporte de Estabilidad Financiera*, septiembre.
- Bessler, D. A.; Yang, J. (2003). “The Structure of Interdependence in International Stockmarkets”, *Journal of International Money and Finance*, núm. 22, pp. 261-287.

- BIS (2007). “Financial Stability and Local Currency Bond Markets”, *CGFS Papers*, núm. 28. Committee on the Global Financial System, Bank for International Settlements.
- Cook, T.; Hahn, T. (1989). “The effect of Changes in the Federal Funds Rate Target on Market Interest Rates in the 1970s”, *Journal of Monetary Economics*, núm. 24, pp. 331-351.
- Das, U.; Papapioannou, M.; Pedras, G.; Ahmed, F.; Surti, J. (2010). “Managing Public Debt and Its Financial Stability Implications”, working paper, núm. 280, Fondo Monetario Internacional.
- Favero, C. A.; Giavazzi, F. (2004). “Inflation Targeting and Debt: Lessons from Brazil”, working paper, núm. 10390, National Bureau of Economic Research.
- Hoover, K. (2006). “Economic Theory and Causal Inference”, en Gabbay, D. M., P. Thagard y J. Woods (2012), *Philosophy of Economics: Handbook of the Philosophy of Science*, pp. 105-107, Oxford: Elsevier.
- Julio, J. M.; Lozano, I.; 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, núm. 693, Banco de la República.
- Lozano, I.; Melo, L.; Ramos, J. (2012). “Flujos de capital y política fiscal en las economías emergentes de América Latina”, Borradores de Economía, núm. 702, Banco de la República.
- Mehrotra, A.; Miyajima, K.; Villar A. (2012). “Developments of Domestic Government Bond Markets in EMEs and their Implications”, en Bank for International Settlements, *Fiscal Policy, Public Debt and Monetary Policy in Emerging Market Economies*, *BIS Papers*, núm. 67. Monetary and Economic Department, Bank for International Settlements.
- Melo V.; L. F.; Granados C., J. C. (2010). “Regulación y valor en riesgo”, Borradores de Economía, núm. 615. Banco de la República.
- Pearl, J. (2000). *Causality: Models, Reasoning, and Inference*, New York: Cambridge University Press.
- 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, Universidad de los Andes.
- Spirtes, P.; Glymour, C.; Scheines, R. (2000). *Causation, Prediction, and Search*, Cambridge, MIT Press.
- Swanson, núm.; y Granger, C. (1997). “Impulse Response Function Based on a Causal Approach to Residual Orthogonalization in Vector Autoregressions”, *Journal of American Statistical Association*, vol. 92, núm. 437, pp. 357-367.