



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Relación entre la Deuda Pública y el spread de la Estructura a Plazos de las Tasas de Interés

Carlos David Ardila Dueñas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia
2019

Relación entre la Deuda Pública y el spread de la Estructura a Plazos de las Tasas de Interés

Carlos David Ardila Dueñas

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Económicas

Director:

Ph.D. Hernán Rincón Castro

Codirector:

Ph.D. Cesar Augusto Giraldo Giraldo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Bogotá, Colombia

2019

*A la memoria de mi padre, a mi madre y a todos aquellos quienes
contribuyeron para que este documento fuera posible.*

Agradecimientos

Mis profundos agradecimientos a PhD. Hernán Rincón por su apoyo y acompañamiento como director, además de su amplia disposición y amabilidad para la construcción de este documento. Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional y a todas aquellas personas que contribuyeron para alcanzar este logro académico, especialmente a Andrea Carolina Vargas y Lady Johana Rodríguez por sus valiosos comentarios y sugerencias.

Resumen

Este documento analiza el efecto de la deuda del gobierno, emitida a tasa fija y tasa variable, sobre el *spread* de la estructura a plazos de las tasas de interés para la economía colombiana en el periodo 2003-2017. Para alcanzar este objetivo, primero se estima el *spread* de la curva de rendimientos a diferentes plazos, mediante un modelo de estado-espacio; posteriormente se determina el efecto de la deuda del gobierno sobre el *spread*, utilizando modelos de series de tiempo univariados y multivariados. Los resultados muestran un efecto positivo de la deuda del gobierno sobre los *spread* de los títulos de corto y largo plazos. Se advierte entonces la necesidad de reforzar el saneamiento fiscal y establecer estrategias de endeudamiento público que mitiguen los impactos negativos sobre los mercados financieros y la actividad económica.

Palabras clave: deuda pública, estructura a plazos de las tasas de interés, *spread*, filtro de kalman, *VAR-X*, descomposición histórica

Clasificación JEL: E44, E62, H63, C22, C32

Abstract

This document analyzes the effect of issued variable and fixed rate debt on the *spread* of the term structure of interest rates for the Colombian economy in the period 2003-2017. To achieve this objective, first it is estimated the *spread* of the yield curve at different terms, by using a state-space model; second, the effect of public debt on the *spread* is determined by means of univariate and multivariate time series models. The results show a positive effect of public debt on the *spread* of short and long-term. Therefore, it is needed to strengthen fiscal consolidation and establish public debt strategies to mitigate negative impacts on financial markets and economic activity.

Keywords: public debt, term structure of interest rates, *spread*, kalman filter, *VAR-X*, historical decomposition

JEL Codes: E44, E62, H63, C22, C32

Contenido

1	Introducción	1
2	La estructura a plazos de las tasas de interés, su importancia y forma funcional	3
3	Revisión de la literatura empírica	7
4	El Mercado de Deuda Interna en Colombia	11
5	Metodología	17
5.1	FILTRO DE KALMAN	17
5.2	Modelo de Vectores Autorregresivos con Variables Exógenas (<i>VAR-X</i>)	19
6	Datos y estimaciones	21
6.1	SPREAD DE LA ETTI	22
6.2	DETERMINANTES DEL SPREAD DE LA ETTI	23
6.2.1	Análisis de regresión univariado	25
6.2.2	Análisis de regresión multivariado	28
6.2.3	Descomposición histórica de choques	34
7	Conclusiones y recomendaciones	39

Figuras

1	Curva de Rendimientos	4
2	Composición por fuente de la deuda pública del gobierno nacional central . .	12
3	Composición por fuente - deuda interna del GNC	14
4	Distribución de los TES clase B por poseedor	15
5	Porcentaje de participación por plazo de los TES clase B	15
6	Tenedores de Títulos de Tesorería	16
7	Composición por tipo de interés de la deuda interna del GNC.	17
8	Spread de la curva de rendimientos	22
9	Impulso - respuesta del <i>spread</i> de corto plazo sobre la curva de rendimientos	24
10	Efectos de la emisión de títulos vinculados a tasa fija y tasa variable sobre el <i>spread</i>	27
11	Funciones impulso respuesta ante una perturbación de una desviación estándar en las variables del sistema sobre el <i>spread</i> a 6 y 9 meses	30
12	Funciones impulso respuesta ante una perturbación de una desviación estándar en las variables del sistema sobre el <i>spread</i> a 1 y 3 años	31
13	Funciones impulso respuesta ante una perturbación de una desviación estándar en las variables del sistema sobre el <i>spread</i> a 5 y 10 años	33
14	Descomposición histórica para el <i>spread</i> a 9 meses	35
15	Descomposición histórica para el <i>spread</i> a 1 año	37
16	Descomposición histórica para el <i>spread</i> a 5 años	38

1 Introducción

La relación entre la deuda pública y las tasas de interés ha sido un tema de amplia discusión teórica en la literatura económica por su impacto sobre la actividad económica. Su análisis ha sido estudiado desde diferentes enfoques neoclásicos y keynesianos para varias economías a nivel mundial; sin embargo, los trabajos empíricos no han logrado llegar a un consenso claro sobre la manera en que se relacionan y la magnitud de dicha relación (Ramos y Rodríguez, 1995; Aisen y Hauner, 2013).

Los estudios sobre esta relación tomaron gran importancia en la literatura económica, especialmente en los años ochenta, como una necesidad por parte de los responsables de la formulación de política económica por entender los posibles impactos que puede tener las acciones fiscales sobre la tasa de interés, y de ahí, sobre la inversión y el consumo privados, la estabilidad financiera y el crecimiento económico. Por tanto, el análisis del financiamiento del déficit público, así como las reacciones del sector privado ante incrementos en el endeudamiento del gobierno, han motivado el desarrollo de un conjunto de teorías que intentan explicar el efecto de las decisiones de política fiscal sobre las tasas de interés de corto y largo plazo y sobre el ciclo económico (Hu, 1993; Claeys et al., 2012).

El vínculo entre la deuda pública y las tasas de interés ha sido estudiado por la literatura desde varias perspectivas. Por un lado, se encuentra la idea clásica que postula que un incremento del déficit público incrementa el costo del financiamiento del sector privado y produce una redistribución de recursos entre los sectores de la economía (Wachtel y Young, 1987; Bovenberg, 1988). En otras palabras, el aumento en la oferta de títulos de deuda pública para financiar el déficit provoca un desplazamiento de recursos del sector privado al público, perjudicando la inversión privada; pues se encarecen las fuentes de fondeo de este sector, hecho que se traduce en un incremento de las tasas de interés y en especial de las tasas de largo plazo (Blanchard, 1984; Spencer y Yohe, 1971).

Por otro lado, la visión keynesiana, plasmada en el modelo estándar IS-LM, sostiene que el déficit fiscal impacta positivamente el nivel de la tasa de interés y negativamente la actividad económica. El mecanismo de transmisión es el siguiente: un incremento del gasto público en el corto plazo favorece la demanda agregada y con ello la actividad económica; de tal manera que, si se supone que no existe un cambio en la postura monetaria, el mayor ingreso de la economía presiona al alza la demanda por saldos monetarios reales, lo que produce un incremento de la tasa de interés y una caída del precio de los bonos; como consecuencia, la inversión y el consumo privado disminuyen (Hoelscher, 1986). Este mecanismo de transmisión difiere del planteamiento clásico, en la medida en que el impacto sobre la tasa de interés se realiza por medio de la demanda agregada, y no por el aumento directo de la deuda pública (Engen y Hubbard, 2004).

En contraste con los anteriores argumentos se encuentra el de la nueva teoría clásica, con su hipótesis de “Equivalencia Ricardiana”, que predice un efecto neutro de la deuda pública sobre el producto y el empleo. La intuición detrás de este planteamiento gira en torno a la racionalidad de los agentes económicos frente a sus decisiones presentes y futuras. Así, al percibir que el gobierno está incurriendo en un déficit fiscal, los agentes privados anticiparán un incremento de sus obligaciones tributarias

futuras, que se requerirán para cubrir el servicio de la deuda pública, y aumentan su ahorro en el presente. De esta manera, el impacto del déficit fiscal es totalmente compensado por el aumento en el ahorro privado y por ende, no se afectarán ni el ahorro nacional, las tasas de interés, la producción ni el ingreso nacional (Barro, 1974).

Recientemente, la literatura ha provisto una explicación sobre el vínculo entre las tasas de interés y la deuda pública en diferentes momentos del tiempo, conocida con el nombre de “hipótesis de expectativas”. Esta corriente sostiene que la pendiente de la curva de rendimientos es un reflejo de las expectativas del mercado sobre la trayectoria futura de la tasa de interés de corto plazo, y son precisamente estas últimas tasas las que se supone que son afectadas por el comportamiento fiscal¹.

El mecanismo de transmisión, según esta “hipótesis”, indica que los agentes privados, al anticipar un incremento del nivel de deuda pública por el aumento del déficit fiscal, esperarán un aumento de la tasa de interés futura de corto plazo, que produce una disminución del precio de los títulos de deuda pública; lo que provocará una inclinación hacia arriba de la pendiente de la curva de rendimientos en su tramo de largo plazo (Macaulay, 1938; Hicks, 1939; Lutz, 1940). En otras palabras, un aumento en la colocación de títulos de deuda por parte del gobierno inducirá un cambio en la prima de rendimiento exigida por los inversionistas para adquirir dichos títulos. Este comportamiento de los agentes incitará un cambio en la prima de rendimientos o *spread* de las tasas de interés, o lo que es lo mismo, un cambio en el diferencial entre los rendimientos de corto y largo plazos, lo cual modifica la estructura de la curva de rendimientos, afectando las expectativas de inflación, las tasas de interés y la actividad económica, y con ello la formulación y toma de decisiones de las políticas monetaria y financiera (Kim y Limpaphayom, 1997; Hu, 1993; Fama, 1986; Harvey, 1988).

Por su evidente importancia, el presente documento evalúa el efecto de la deuda del gobierno sobre la prima de riesgo o *spread* de la curva de rendimientos o estructura a plazos de las tasas de interés (ETTI) para la economía colombiana en el periodo 2003-2017. Para lograr este objetivo, primero se estimó el *spread*, mediante un modelo de estado-espacio (*Filtro de Kalman*), y posteriormente se determina el efecto de la deuda del gobierno sobre el mismo, utilizando modelos de series de tiempo. Entre los modelos escogidos se cuenta con un análisis de regresión univariada con componentes dinámicos para cada tramo de la curva. Como complemento, se realizan diferentes análisis de causalidad, funciones de impulso respuesta generalizadas y descomposición histórica, provistos por los modelos multivariados de vectores autorregresivos con variables exógenas (*VAR-X*).

Los diferentes modelos de regresión utilizados incorporan dos grupos de variables; por un lado, se emplean una serie de variables de control, consideradas en la literatura económica como determinantes del comportamiento de la curva de rendimientos, y por otro, se incluyen dos medidas de la deuda del gobierno, de acuerdo con las características de las tasas de interés de los títulos emitidos, deuda tasa fija y deuda a tasa variable. La razón para desagregar la deuda entre estos dos componentes es la de identificar de manera más precisa los efectos que vinculan las decisiones fiscales con las tasas de interés del mercado. Adviértase que a lo largo del estudio se utilizan indistintamente las palabras “gobierno”,

¹La sección 2 define y discute las características e importancia de la curva de rendimientos.

“gobierno central”, “GNC” o “pública” para referirse al mismo nivel de la administración pública.

La principal contribución del estudio es la cuantificación y estimación de la dinámica del impacto del nivel y composición de la deuda del gobierno sobre el *spread* de la ETTI en Colombia a diferentes plazos, no analizado hasta ahora por la literatura. De esta forma, el documento proporciona nuevas herramientas de análisis para la toma de decisiones de política fiscal, pues permite identificar el grado de impacto que tienen las decisiones de endeudamiento público sobre el mercado financiero local, tanto en el corto como en el largo plazo; así como de política monetaria y financiera.

Los principales resultados obtenidos muestran un efecto positivo, tanto de la deuda pública emitida a tasa fija como a tasa variables, sobre el *spread* de la ETTI. Así mismo se encuentra que la emisión de deuda a tasa fija, que tiene mayor sensibilidad a las condiciones del mercado, tiene un mayor efecto sobre el *spread* que la deuda a tasa variable. Estos resultados coinciden con los obtenidos por la literatura internacional, especialmente para las economías avanzadas. La principal implicación de política es que la autoridad fiscal debe reforzar el saneamiento de las finanzas públicas y establecer estrategias de endeudamiento público que mitiguen los impactos negativos sobre la actividad económica y el mercado financiero.

El documento contiene seis secciones luego de esta introducción. La segunda define la ETTI, resalta su importancia para el análisis económico y financiero y describe sus determinantes, de acuerdo con la literatura teórica. La tercera realiza una revisión de literatura local e internacional sobre el tema. La cuarta caracteriza el mercado de deuda pública interna de Colombia, a partir de las estadísticas reportadas por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Banco de la República. La quinta introduce la metodología de estimación. La sexta describe las estadísticas utilizadas y presenta y analiza los resultados econométricos. La última sección resume las principales conclusiones y las recomendaciones de política.

2 La estructura a plazos de las tasas de interés, su importancia y forma funcional

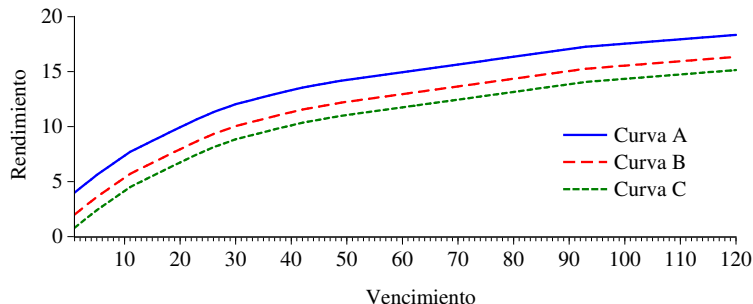
La ETTI, o curva de rendimientos, es un término utilizado para describir la relación entre los rendimientos al vencimiento de activos financieros de la misma calidad crediticia, regularmente libres de riesgo², y sus respectivos periodos de vencimiento (gráfico 1). La curva se construye utilizando los bonos del gobierno debido, entre otros factores, a su amplia gama de vencimientos, su gran volumen de negociación en los mercados secundarios y su bajo riesgo de insolvencia.

La importancia de la ETTI para el análisis económico y financiero recae en la capacidad de proveer información sobre las expectativas del mercado en relación con el desempeño económico futuro y por ser fuente para la valoración de la mayoría de activos financieros; por tal motivo, también es considerado un indicador base en el diseño de estrategias de gestión de riesgo y en la toma de decisiones de inversión

²Preferiblemente, son activos sometido a la misma legislación tributaria.

y financiamiento (Fernández y Robles, 2005).

Gráfico 1: Curva de Rendimientos



Fuente: diseño propio. La ETTI tradicional es ascendente, indicando que los rendimientos aumentan (disminuyen) a medida que aumentan (disminuyen) los plazos. Así, si se supone que todos los factores que afectan la curva de rendimientos son constantes, la curva A contiene títulos con una menor calificación crediticia, pues en comparación con los títulos B y C para el mismo plazo, los inversionistas requieren un mayor rendimiento.

En cuanto a la primera razón de su importancia, la literatura argumenta que la ETTI recoge información que permite explicar la evolución del sistema financiero, el nivel de la actividad económica, la tasa de inflación y los patrones de inversión y consumo, así mismo la ETTI permite predecir futuros cambios de las expectativas de inflación, de la postura de la política monetaria y de las tasas de interés de mercado (Mishkin, 1981; Fama, 1984; Miles y Wilcox, 1991; Fuhrer, 1993). De esta manera, por ejemplo, la ETTI puede incidir en el momento y la magnitud de las acciones de política monetaria, en la medida en que le permite al banco central extraer información sobre la reacción de los agentes económicos en el corto plazo, ante cambios en la tasa de interés de política; y, en el largo plazo, sobre su credibilidad y su compromiso con la estabilidad de precios (Goodfriend, 1998)³.

El hecho que la ETTI represente las expectativas sobre el comportamiento de la economía, se deriva de que los precios de los activos se calculan con base en el valor presente de los flujos de fondos que se espera recibir en el futuro por los mismos. Como el valor presente utiliza en su construcción un factor de descuento basado en una tasa de retorno nominal (i), esta recoge las expectativas que tienen los agentes sobre el comportamiento económico en relación a la tasa de interés real y las expectativas de inflación.

Así, el precio de un activo se define como:

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{C}{(1+i)^t} + \frac{VN}{(1+i)^n}$$

³Arango y Florez (2005) resumen algunos resultados obtenidos por la literatura con relación al contenido informativo de la ETTI sobre la actividad económica: el tramo corto refleja las acciones de la autoridad monetaria y, en alguna medida, las condiciones reales y financieras de la economía. El tramo medio manifiesta las expectativas de inflación de mediano plazo y, por tanto, los cambios esperados de postura monetaria. El tramo largo es influenciado por las percepciones de crecimiento potencial de la economía, las expectativas de inflación de largo plazo y la credibilidad del banco central.

Donde P es el precio del activo, digamos del bono, C es el monto del cupón o rendimiento periódico, i es la tasa de retorno que el inversionista espera obtener, llamada rendimiento requerido (*required yield*), VN es el valor nominal del bono, t es el número de periodos y n es el periodo de vencimiento del título⁴.

Ahora, ¿cómo se relacionan las expectativas de los agentes económicos con la forma de la ETTI? Un aplanamiento de la curva de rendimientos, producto de la caída de las tasas de interés futuras indicará, por ejemplo, una contracción económica en el futuro. Cuando los agentes que intervienen en el mercado de deuda pública advierten una desaceleración del crecimiento económico cambian sus inversiones de corto plazo por inversiones de largo plazo, con el fin de obtener mayores beneficios ante la caída esperada de las tasas de interés. El mecanismo es el siguiente: los inversionistas al vender sus títulos de corto plazo inducen una caída de su precio, o un aumento en las tasas de interés de corto plazo, y al adquirir títulos de largo plazo generan un aumento de su precio, o una disminución en las tasas de interés, obteniéndose así la forma aplanada de la curva de rendimientos (Arango et al., 2004; Estrella, 2005; Estrella y Trubin, 2006).

La segunda razón por la cual se considera importante el estudio de la ETTI para los mercados financieros es su utilidad como herramienta para la valoración de portafolios conformados por activos de renta fija (bonos, letras y obligaciones). Es claro que un incremento o disminución de la valoración de dichos activos tiene un efecto directo sobre el valor de riqueza de sus propietarios. De igual manera, la ETTI es relevante para la evaluación y puesta en marcha de estrategias de gestión de riesgo y valoración de derivados, convirtiéndose así en un instrumento que contribuye a la toma de decisiones de inversión y financiamiento. Valga mencionar que, de acuerdo con el plazo y el volumen de las inversiones de las entidades que intervienen en el mercado financiero, su interés puede estar concentrado en ciertos tramos de la curva de rendimientos. Por ejemplo, las entidades bancarias tienden a inclinar su atención en la parte media y corta de la curva de rendimiento, mientras que los fondos de pensiones y cesantías y las compañías de seguros se concentran en el tramo largo de la curva.

Pero, ¿qué explica la forma funcional de la ETTI? A continuación, se resumen las principales teorías.

Teoría pura de las expectativas (Fisher, 1896; Hicks, 1939): plantea que las tasas de interés de largo plazo son un reflejo de las expectativas del mercado sobre la trayectoria futura de las tasas de interés de corto plazo; es decir, las tasas de interés de largo plazo son iguales al promedio aritmético de las tasas de corto plazo vigentes y esperadas. Lo anterior supone que los agentes son neutrales al riesgo e indiferentes a la liquidez de los títulos, que no existe segmentación de mercado, que no hay costos de transacción y que las expectativas sobre las tasas de interés futuras son óptimas e insesgadas.

Esta teoría implica que en el futuro todos los activos financieros de la misma calidad crediticia, sin importar sus fechas de vencimiento, deberían ofrecer la misma rentabilidad. Este resultado es consecuencia del comportamiento de los inversionistas quienes, en su búsqueda de obtener oportunidades de arbitraje, eliminan paulatinamente cualquier diferencial de rentabilidad entre los títulos⁵. Por ejemplo,

⁴Para más detalle ver Arango et al. (2002)

⁵Si la tasa de largo plazo estuviera por encima del promedio esperado de las tasas de corto plazo futuras, los inversores

la tasa de interés de un título con vencimiento en seis meses debe ser igual al promedio de la tasa de interés actual de un título con vencimiento en tres meses y al pronóstico óptimo de la tasa de interés de un título con vencimiento en tres meses dentro de tres meses.

Hipótesis de expectativas (Cochrane, 2001): sugiere que la forma de la curva de rendimientos depende de dos componentes: las expectativas⁶ y la prima de riesgo. En otras palabras, las tasas de interés de largo plazo se determinan por las expectativas sobre las tasas de interés de corto plazo, más un término constante asociado con la presencia de riesgo por liquidez⁷.

Teoría del hábitat preferido (Modigliani y Sutch, 1966): propone que la trayectoria de la estructura a plazo es un reflejo tanto de las expectativas como de una prima de riesgo, que no necesariamente crece con la madurez, ya que los inversionistas pueden estar interesados en tramos de vencimiento particulares, en donde se elimina el riesgo sistemático, ya que la vida media de sus activos coincide con la de sus pasivos. Así, para disuadir a los inversionistas a demandar fondos fuera de su hábitat preferido, los emisores de bonos deberán ofrecer tasas de interés mayores que incorporen una prima de riesgo para lograr equilibrar la oferta y la demanda de fondos para un mismo plazo.

Teoría de la segmentación del mercado (Culbertson, 1957): la idea detrás de esta teoría es que los inversionistas tienen hábitats preferidos dependiendo de la naturaleza de sus obligaciones. Por lo tanto, a diferencia del caso anterior, tanto prestamistas como prestatarios se limitan a ciertos segmentos de la curva de rendimientos, siendo indiferentes a las primas de riesgo ofrecidas por el emisor. En este sentido, la tasa de interés de los títulos con diferentes plazos de maduración se determina independientemente de las condiciones de la oferta y la demanda en cada segmento del mercado.

Teoría de las preferencias por la liquidez (Hicks, 1939): según este planteamiento, en un ambiente de incertidumbre y aversión al riesgo, los inversionistas prefieren poseer títulos de corto plazo, pues tienen una menor sensibilidad a los cambios en las tasas de interés y ofrecen una mayor liquidez que las inversiones en títulos de largo plazo. De esta forma, los inversionistas aceptarían tener títulos de largo plazo en sus portafolios únicamente si dichos activos ofrecen una compensación, representada en una tasa de interés mayor, que debe procurar que el rendimiento de estos títulos sea mayor al promedio de las tasas de interés de corto plazo esperadas.

Así, una vez establecida la importancia de la ETTI y explicados los argumentos teóricos sobre su forma funcional, este documento evalúa la relación entre la pendiente de la ETTI y la deuda pública, como se estableció en la introducción. Nótese que, de acuerdo con Campbell y Shiller (1989), la pendiente de la curva de la ETTI debe ser proporcional a la prima de rendimientos o spread, la cual se estima como el diferencial del retorno de títulos que vencen en dos horizontes diferentes de tiempo. De esta manera, el spread se entiende como un indicador de la prima de riesgo exigida por los inversionistas

preferirían tener un bono a largo plazo en lugar de una secuencia de bonos a corto plazo. Sin embargo, ese cálculo por parte de los inversores provocaría un aumento del precio de los bonos hasta que la tasa de interés a largo plazo cayera lo suficiente como para equiparar los rendimientos esperados de las dos estrategias de inversión.

⁶Las expectativas sugieren que las tasas *forward* actuales son predictores insesgados de las tasas *spot* futuras.

⁷Para más detalle ver Sangvinatsos (2008)

por adquirir títulos de deuda pública a diferentes plazos y, como tal, incorpora todas las fluctuaciones de la tasa de interés de negociación, consecuencia de las variaciones en las condiciones de mercado y de la economía.

3 Revisión de la literatura empírica

En las últimas décadas la literatura ha evaluado el vínculo entre la deuda pública y las tasas de interés. Infortunadamente, los resultados obtenidos son dispares. Por un lado, se ubica aquella que acoge la idea de una posible asociación entre estas variables y, por el otro, la que apoya los planteamientos propios de la hipótesis de equivalencia ricardiana.

Entre los primeros se destacan trabajos como los de Cohen y Olivier (1991), Canzoneri et al. (2002), Engen y Hubbard (2004), Gale y Orszag (2004), Laubach (2009) y Afonso (2010), quienes utilizan proyecciones del déficit fiscal y la deuda pública de Estados Unidos como variable de análisis para examinar el vínculo entre la deuda y las tasas de interés de largo plazo. Vale mencionar que la literatura mencionada toma los déficits proyectados porque, según sus autores, muestran la posición fiscal a más largo plazo; permitiendo una mejor aproximación sobre el comportamiento de las expectativas de los inversores frente al eventual nivel de deuda pública en el futuro. Así, estas medidas de las expectativas de los inversionistas ofrecen la posibilidad de evaluar la relación causal entre las variables fiscales y la tasa de interés de largo plazo. En general, los estudios encuentran que un aumento de cien puntos básicos en el déficit fiscal como porcentaje del PIB aumenta la tasa de interés de largo plazo en un rango entre 18 y 35 puntos básicos.

Las razones por las cuales la literatura y los analistas centran su interés en el comportamiento de las tasas de interés de largo plazo, son dos. La primera es el alto grado de sensibilidad de las decisiones de inversión del comportamiento de las tasas de interés de largo plazo (Arora y Dua, 1995; Cebula, 1997; Hoelscher, 1986). La segunda se relaciona con el comportamiento de las expectativas, como se acabó de ilustrar. En este aspecto, se argumenta que cambios en los déficits presupuestarios y en la deuda pública causan un ajuste en las tasas futuras de corto plazo y, estas últimas, se manifiestan según la hipótesis de las expectativas, en un cambio inmediato de las tasas de largo plazo (Tzavalis y Wickens, 1997; Evans y Lewis, 1994; Gale y Orszag, 2004; Afonso y Martins, 2012).

En línea con lo anterior, Afonso y Martins (2012) encuentran que para Estados Unidos el efecto de las variables fiscales sobre el diferencial de tasas de interés es mayor, en comparación con el caso de Alemania, durante el periodo comprendido entre 1981 al 2009. Este resultado se explica por el mejor comportamiento de los ingresos públicos, la rápida recuperación del fisco ante perturbaciones negativas y la fuerte credibilidad del régimen fiscal alemán durante aquel periodo. Estos hallazgos son consistentes con los obtenidos por Ardagna (2009) quien, por medio de un panel de datos de los países de la OCDE y para una muestra de 42 años que inicia en 1960, concluye que las tasas de interés disminuyen, particularmente las correspondientes a los de bonos del gobierno a diez años, cuando la situación fiscal de los países mejora, y aumenta alrededor de los periodos de deterioro fiscal. Esto

permite concluir que el mercado financiero valora de una manera importante la disciplina fiscal de una economía.

Sinha (2015), por su parte, hace uso de un modelo de vectores autorregresivos (VAR) y examina el efecto de los cambios en las tenencias de deuda pública de corto y largo plazos sobre la ETTI; para su ejercicio utiliza los rendimientos nominales de los bonos del tesoro de los Estados Unidos a tres y diez años. Sus resultados apoyan otros que sostienen que un aumento de la deuda pública real incrementa los rendimientos nominales a diferentes plazos en Estados Unidos (Reinhart y Sack, 2000; Engen y Hubbard, 2004; Barnes, 2008; Kiani, 2009). Por otro lado, otros autores encuentran que aumentos de la deuda de largo plazo afectan el spread de la ETTI, mientras que los aumentos de la deuda a corto plazo afectan las expectativas de inflación (Park, 1999; Benigno y Missale, 2004; Greenwood y Vayanos, 2014).

Los anteriores resultados son reforzadas por Aisen y Hauner (2013) quienes, con datos mensuales de las tasas de interés a 3 y 12 meses, para un panel de 60 países clasificados entre economías avanzadas y emergentes, encuentran que el efecto de los déficits fiscales sobre la tasa de interés entre los años 1970 al 2006 es del orden de 26 puntos básicos para el panel completo; sin embargo, los autores muestran que los efectos varían según el grupo de países analizados, siendo mayores y más sólidos en los mercados emergentes que en las economías avanzadas. Adicionalmente, los autores reconocen un efecto más claro para aquellas economías que cuentan con altos grados de endeudamiento público, con un alto porcentaje de financiamiento interno y con un bajo grado de apertura financiera.

De manera similar, Kameda (2014) examina el caso del Japón, con series trimestrales para el período 1981–2008. El autor utiliza proyecciones del déficit fiscal y la deuda pública como indicadores de las expectativas del mercado y, con base en la metodología de cointegración, el autor encuentra que un aumento de un punto porcentual de la relación entre la deuda y el PIB eleva la tasa de interés real a 10 años entre 26 a 34 puntos básicos. De igual modo, Strauch et al. (2006) encuentran, mediante un modelo estructural de vectores autorregresivos y una muestra del periodo 1983-2003, un efecto similar entre la acumulación de deuda pública y las tasas de interés a largo plazo para Alemania e Italia. Por su parte, da Silva et al. (2014) y Guillén y Tabak (2009) estudian los efectos de la deuda pública sobre el spread de la ETTI para el caso de Brasil. Sus resultados indican que un aumento de la emisión de bonos de tasa fija conduce a un incremento en los diferenciales de rendimientos, efecto que se amplifica entre mayor es el plazo de la deuda.

Si bien la mayoría de la literatura que relaciona la evolución fiscal con las tasas de interés se concentra en los tramos largos de la curva de rendimiento, algunos documentos consideran otros segmentos de la curva. Por ejemplo, Elmendorf y Reifschneider (2002) comparan los efectos de corto plazo de varias medidas de la política fiscal para Estados Unidos. Los autores encuentran un efecto positivo sobre las tasas de fondos federales y sobre el rendimiento de los bonos del tesoro, y concluyen que, si bien una política fiscal expansiva tiene un impacto positivo y significativo sobre la actividad económica en el corto plazo, este efecto es reducido por los ajustes que los mercados financieros realizan sobre las tasas de interés. En otros estudios, Canzoneri et al. (2002) llegan a resultados similares utilizando los

efectos de las proyecciones de déficits presupuestarios sobre el diferencial entre los rendimientos del Tesoro a 5 años (o 10 años) y 3 meses.

En contraste con los argumentos y resultados anteriores, otra parte importante de la literatura objeta la existencia de un efecto significativo y positivo de la deuda pública sobre las tasas de interés. Particularmente, se resaltan los estudios seminales realizados por Hoelscher (1983), Kormendi (1983), McMillin (1986), Evans (1987), Aschauer (1989), Gupta (1989), Darrat (1989) y Findlay (1990), quienes por medio de modelos teóricos y empíricos, aplicados en su mayoría a la economía estadounidense, muestran evidencia estadística que apoya la hipótesis ricardiana.

Estudios recientes, como el realizado por García y Ramajo (2005), quienes siguen las distintas especificaciones propuestas por Evans (1985), Hoelscher (1986), Correia-Nunes y Stemitsiotis (1995) y Raymond Bara y Mauleón Torres (1997)⁸, notan la ausencia de un efecto significativo del comportamiento fiscal sobre las tasas de interés para la economía española durante los años 1964 a 2000. En el mismo sentido, Mukhtar y Zakaria (2008), quienes utilizan un modelo de cointegración para el caso de Pakistán en el periodo 1960-2005, revelan la existencia de neutralidad ricardiana, al no encontrar ningún vector que represente un equilibrio de largo plazo entre las variables ni evidencia causal que apoye la visión tradicional.

Desde un punto de vista más general, Evans y Marshall (2007) concentran su atención en identificar los choques macroeconómicos que pueden afectar la curva de rendimientos en Estados Unidos, mediante el uso de un modelo de equilibrio general con datos mensuales desde enero de 1959 hasta diciembre de 2000. Los autores encuentran un fuerte efecto sobre el nivel de la curva de rendimientos, principalmente generados por perturbaciones de carácter tecnológico y de la tasa marginal de sustitución. Las razones de estos resultados son adjudicadas a los efectos que tienen estas variables sobre las tasas de interés real, la inflación esperada y la demanda agregada. Análogamente, los autores encuentran poca evidencia que justifique un cambio importante de variabilidad de la tasa de interés por causa de un aumento en la deuda pública.

Por otro lado, muchos estudios que analizan los efectos de la deuda o los déficits del gobierno federal de los Estados Unidos sobre las tasas de interés no incorporan los efectos potenciales producto de la integración de los mercados financieros internacionales. Barro y Sala-i Martin (1990) y Barro (1991) proporcionan estimaciones de los efectos que tienen las variables de política económica, fiscal y monetaria sobre las tasas de interés esperadas en diez grandes economías desarrolladas, incluyendo los Estados Unidos. Los autores utilizan un enfoque estructural, donde la tasa de interés mundial está determinada por la demanda de inversión y el ahorro. Si bien, concluyen que la deuda o déficit gubernamentales actuales no desempeñan un papel importante sobre la determinación de las tasas de interés reales esperadas en estos países, su análisis empírico no utiliza variables que consideren las

⁸Según Evans (1985), la tasa de interés depende del déficit presupuestario, del gasto público, de la oferta monetaria real y de la tasa de inflación esperada. Hoelscher (1986), por su parte, introduce la tasa real de interés de corto plazo esperada y la tasa de crecimiento económico. Correia-Nunes y Stemitsiotis (1995) añade a la ecuación anterior una variable de deuda pública como proporción del PIB. Finalmente, Raymond Bara y Mauleón Torres (1997) evalúan la tasa de largo plazo en función del ahorro público, una medida de presión fiscal (la relación entre los ingresos públicos y el PIB), la inflación esperada, el crecimiento económico y el tipo de interés nominal a largo plazo en el extranjero.

expectativas sobre la deuda pública, lo que se convierte en una debilidad de sus estudios.

En este sentido, Claeys et al. (2012) analizan el papel de la integración financiera sobre las posibles consecuencias negativas del incremento de la deuda pública en la inversión privada (efecto “crowding out”). Los autores utilizan un panel de países pertenecientes a la OCDE y algunas economías emergentes para el período 1990-2005. El estudio concluye que, en un mercado de bonos globalizado, los diferenciales de tasas de interés que surgen a raíz de esta dinámica son compensados por la integración financiera, que reduce el impacto fiscal sobre las tasas de interés. Para el caso de los mercados emergentes, el estudio determinó que, debido a la baja integración global de sus mercados de capital, el efecto es más fuerte en comparación con las economías avanzadas.

Afonso y Martins (2012) resumen los resultados obtenidos en la literatura internacional destacando tres aspectos fundamentales: *i*) parece haber un impacto significativo de los déficits presupuestarios y la deuda pública sobre las tasas de interés a largo plazo, especialmente en los estudios que usan déficits presupuestarios y proyecciones de deuda *ii*) La mayoría de los análisis se centran en la relación entre los factores latentes de la ETTI (nivel, pendiente y curvatura) y la política monetaria, la inflación y la actividad real *ii*) La mayoría de documentos que evalúan el efecto fiscal han centrado su análisis en el tramo largo de la curva de rendimientos.

En cuanto a la literatura colombiana, los estudios realizados sobre el efecto de las variables fiscales sobre las tasas de interés son escasos, si se compara con la literatura internacional. Ramos y Rodríguez (1995) hacen una primera aproximación empírica y consideran directamente una tasa de interés pasiva (la tasa de interés efectiva anual de los CDT a 90 días) como la variable endógena, y como variables exógenas utilizan el déficit fiscal, el índice de precios al consumidor (IPC), el financiamiento externo, el financiamiento monetario y no monetario del sector público, la tasa de cambio real y el PIB, para el periodo 1987 a 1993. Con base en un modelo VAR y algunas pruebas de causalidad, los autores no encontraron evidencia que soporte un efecto causal del déficit fiscal sobre la tasa de interés. Este resultado lo atribuyen al bajo tamaño del déficit fiscal para el periodo de análisis, al igual que a la forma de financiamiento, caracterizada principalmente por la emisión de deuda interna colocada en manos del mismo sector público.

Recientemente, Melo Becerra et al. (2013) evalúan el impacto que tienen diversas perturbaciones económicas tanto internas como externas sobre la pendiente de la ETTI ⁹ y la rentabilidad y estabilidad del sistema bancario colombiano entre los años 2003 a 2013. Entre los resultados más destacables se encuentra que la inflación, la tasa de interés de política y el indicador del apetito de riesgo internacional tienen un impacto negativo y significativo sobre las tasas de interés de corto plazo. Por su parte, se destaca que el déficit fiscal y su financiamiento tienen un efecto contemporáneo nulo sobre las tasas de interés de los bonos. De acuerdo con los autores, esto se debe al bajo déficit fiscal del periodo y al comportamiento del sistema financiero que ha mantenido una visión de corto plazo en sus decisiones de inversión en títulos de deuda del gobierno y no consideran primordial el tamaño del déficit fiscal.

⁹Para construir la pendiente de la curva de rendimientos, los autores utilizaron 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.

4 El Mercado de Deuda Interna en Colombia

El mercado de deuda pública interna en Colombia, al igual que en la mayoría de países de América Latina, registró un importante crecimiento desde inicios de la última década del siglo pasado. La literatura colombiana ha señalado las siguientes razones: *i)* el desarrollo del mercado de capitales estimulado por la disminución de los controles a las tasas de interés, *ii)* la apertura económica y financiera, *iii)* la prohibición del financiamiento monetario directo al gobierno por parte del banco central, *iv)* el encarecimiento del acceso al financiamiento externo, consecuencia de la inestabilidad cambiaria de finales del siglo XX¹⁰, *v)* los compromisos suscritos con el Fondo Monetario Internacional a finales de los años 90, luego de la peor crisis económica del país en un siglo, *vi)* la adopción de un esquema de inflación objetivo a partir de octubre del año 2000¹¹ *vii)* el crecimiento de los fondos de pensiones privados creados por la Ley 100 de 1993 y *viii)* el establecimiento del programa de creadores de mercado¹², junto con la estructuración de un calendario para las subastas de TES y el desarrollo de los inversionistas institucionales como demandantes finales de títulos¹³ (Echavarría y Vásquez, 2008; Moreno et al., 2015).

Todos los anteriores factores le dieron un gran dinamismo al mercado de deuda pública interna en el país, al punto de superar el desarrollo del mercado monetario privado. El nuevo esquema, cambió el panorama de riesgo de los mercados financieros e hizo que los inversionistas concentraran su atención en la adquisición de títulos de deuda pública; por dos razones principales. La primera, porque las instituciones financieras podían utilizar los títulos de deuda pública como colateral para acceder préstamos de corto plazo del banco central. La segunda, porque la adquisición de títulos de deuda pública representó una alternativa de inversión de bajo riesgo, que les permitió desviar recursos de sus fuentes tradicionales de inversión y crédito al mercado de deuda pública (Melo Becerra et al., 2013). Este comportamiento se intensificó en periodos de desequilibrios macroeconómicos, como los ocurridos en Colombia durante las crisis de 1999 y 2008, cuando las entidades financieras tomaron los títulos de deuda como una estrategia para disminuir el riesgo de sus inversiones.

En el contexto internacional, la crisis financiera de 2008 favoreció la colocación de deuda pública interna en manos de extranjeros, por las bajas tasas de interés internacionales, la menor aversión al riesgo por parte de los inversionistas internacionales, el incremento en el costo de financiamiento de la deuda pública en el exterior -a raíz de las mayores expectativas de depreciación del peso¹⁴- y el

¹⁰Entre enero de 1992 y diciembre de 2003 el peso colombiano registró una depreciación de 335.7% frente al dólar, cambiando su nivel promedio desde \$644 a \$2.806 por dólar.

¹¹La inflación se redujo de niveles del 22% en la décadas de los 80 y 90 a niveles del 6% entre los años 2000 y 2010. Esto permitió que el Banco de la República tuviese un mayor estímulo sobre la economía a través de la disminución de las tasas de interés y la expansión de la oferta monetaria.

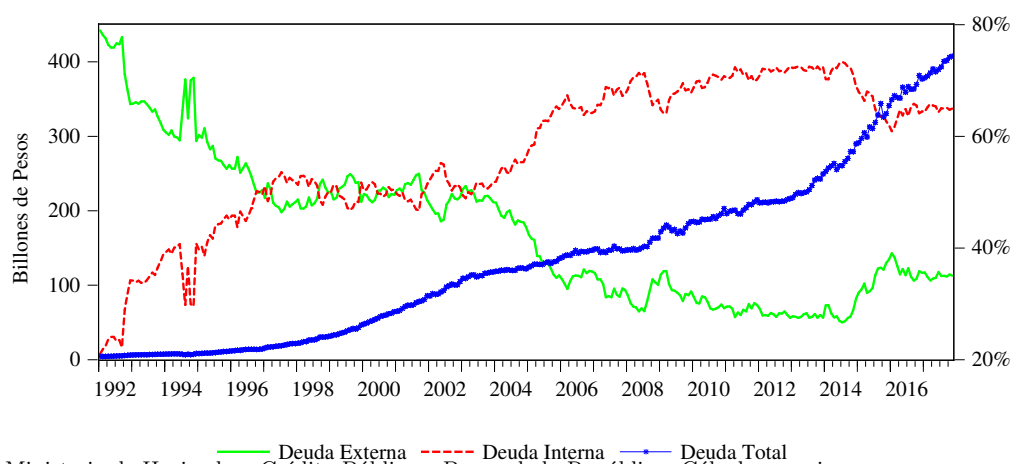
¹²El Programa de Creadores de Mercado instaurado en 1997, son un grupo de agentes (establecimientos bancarios, corporaciones financieras y sociedades comisionistas de bolsa) encargadas principalmente de las labores de compra y comercialización de los títulos de deuda pública colombiana. Estas entidades son las únicas autorizadas en participar en las subastas de TES programadas por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, cuyo objetivo es garantizar la compra y venta de los títulos de deuda pública interna.

¹³Los TES son títulos de deuda pública interna, emitidos por el gobierno central y administrados por el banco central (Banco de la República).

¹⁴De acuerdo con Albrieu y Fanelli (2009) “los gobiernos latinoamericanos, que a principios de 2008 pagaban por sus

exceso de liquidez mundial liderado por los países asiáticos que, al no poder colocar la totalidad de sus recursos en los países industrializados, dirigieron sus excedentes a las economías de América Latina y el Caribe (Izquierdo y Talvi, 2011). Así, se hizo notoria la intención de estas economías por priorizar la colocación de deuda interna sobre la deuda externa, promoviendo a su vez las emisiones a largo plazo, a tasa fija o indexada a inflación, sustituyendo así a los títulos vinculados a la tasa de cambio. Estos fenómenos tuvieron como consecuencia que, en el periodo post-crisis, se presentará una fuerte entrada de capitales a los países emergentes, incrementando la calificación de los títulos de deuda emitidos por sus gobiernos (Moreno et al., 2015). Así, factores tanto internos como externos resultaron en un proceso de reestructuración de la deuda pública en la mayoría de países de América Latina¹⁵.

Gráfico 2: Composición por fuente de la deuda pública del gobierno nacional central



Fuente: Ministerio de Hacienda y Crédito Público y Banco de la República. Cálculos propios.

Para el caso colombiano, el financiamiento del gobierno central (GNC) hasta mediados de los años noventa consistía principalmente de deuda externa, esencialmente préstamos sindicados y con agencias multilaterales. La participación del financiamiento interno comenzó un proceso de crecimiento acelerado desde 1992, cuando ascendió de 21% a 50% en 1998, lo cual representó un crecimiento promedio anual de 53%. En los años siguientes a la crisis de 2008 el crecimiento se redujo a 10%, y alcanzó un nivel máximo de 73% en el año 2014 (gráfico 2).

De igual forma, es de notar que el nivel de la deuda total del GNC ha presentado un incremento importante en las últimas tres décadas, tanto en términos nominales como en proporción del producto interno bruto: en diciembre de 1992 el saldo se ubicó en 6,2 billones de pesos (15,77% del PIB), valor que ascendió a 407 billones de pesos al cierre del año 2017 (43,7% del PIB). Como lo indica el gráfico 2, es de resaltar el cambio en la tendencia de crecimiento de la deuda pública a partir del año 2012, que se reforzó con el impacto negativo de la caída en los precios de las materias primas

pasivos una tasa de entre dos y tres puntos por encima de la tasa que paga el Tesoro de los Estados Unidos, vieron duplicarse dicha tasa en los tres trimestres siguientes”.

¹⁵De acuerdo con los datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Argentina pasó de concentrar el 24% de la deuda internas en 1991, al 66% en 2011; México paso del 20% en 1995 al 78% en 2011 y Chile del 57% en 1991 al 82% en 2011.

sobre las finanzas del GNC, en especial del petróleo en el año 2014 ¹⁶ y con la fuerte depreciación del peso ante el desplome de los términos de intercambio¹⁷. Debe recordarse que el choque petrolero negativo desaceleró el crecimiento del PIB y redujo de manera significativa los ingresos fiscales del GNC provenientes del sector (estos llegaron a representar el 30% de sus ingresos). Lo anterior se manifestó en un aumento del déficit fiscal en mayores necesidades de financiamiento del presupuesto público con recursos del crédito externo. Así mismo, el crecimiento de la inflación producto de la subida de los precios de los alimentos por el fenómeno de El Niño, el paro de transporte y la depreciación del peso junto con las mayores tasas de interés interna y externa, elevaron el costo de la deuda pública, afectando negativamente la tasa de crecimiento económico (Maya et al., 2016).

En resumen, la caída del crecimiento económico, el desbalance en cuenta corriente y el riesgo de un mayor déficit fiscal, se reflejaron en una reducción en la perspectiva de calificación de riesgo por parte de agencias calificadoras *Standard and Poor's (S&P)* y *Fish Ratings* que, en febrero de 2016, insinuaron la posibilidad de cambiar la calificación crediticia de los títulos de deuda pública colombiana de *BBB* estable a negativa¹⁸. Vale mencionar que este cambio no fue exclusivo para Colombia, pues incluyó a varios países de la región, afectando así el costo de financiamiento externo. En Colombia, si bien el comunicado generó incertidumbre en los mercados financieros, la tasa de cambio no se vio afectada, ya que el grado de inversión del país no se modificó. Lo que sí ocurrió fue que algunos indicadores de percepción de riesgo país como el EMBI registró un incremento considerable al aumentar de 204 en febrero de 2015 a 371 en febrero de 2016, con una variación del 82%.

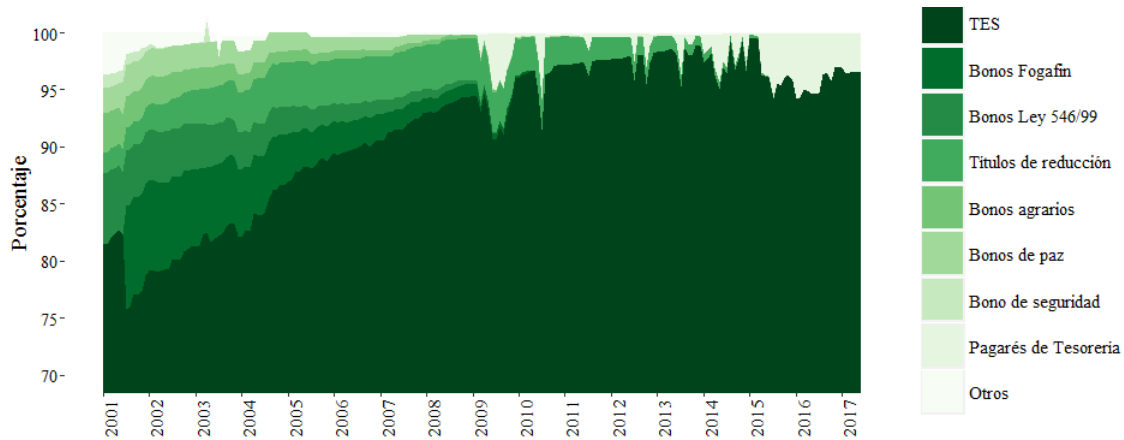
El cambio, la composición de la deuda pública colombiana entre externa e interna, contribuyó a la disminución de la exposición al riesgo cambiario y, por tanto, fomentó la estabilidad macroeconómica; en este sentido, los TES se posicionaron como la principal fuente de financiamiento interno del gobierno (gráfico 3). Recuérdese que para 1992, año de su primera emisión, las colocaciones de TES participaron con el 38% del saldo de la deuda interna. Conforme se fue desarrollando el mercado de títulos públicos, el porcentaje de participación aumentó a 81% en 2001 y más tarde, en el año 2017, superó el 95%.

¹⁶El flujo de ingresos provenientes de la actividad petrolera representó en promedio el 15,6% de la renta del GNC entre 2011 y 2014. Así mismo, la participación de la actividad petrolera dentro del PIB total aumentó de 3,9% a 5,2% entre 2005 y 2014. En cuanto a las entidades territoriales, esta actividad alcanzó una participación en sus ingresos por concepto de regalías de un nivel de 7,5% en 2005 a 18,7% en 2012.

¹⁷Entre julio del 2014 y enero del 2016, la depreciación del peso fue de 76.03%, con un incremento promedio mensual de 3.27%. Como se esperó, este suceso aumentó el nivel en el saldo de la deuda externa, medido en moneda local.

¹⁸De acuerdo al escalafón seguido por *S&P* y *Fish Ratings*, se considera grado de inversión cualquier calificación igual o superior a *BBB-*, por el contrario, calificaciones inferiores se denominan como inversiones especulativas.

Gráfico 3: Composición por fuente - deuda interna del GNC

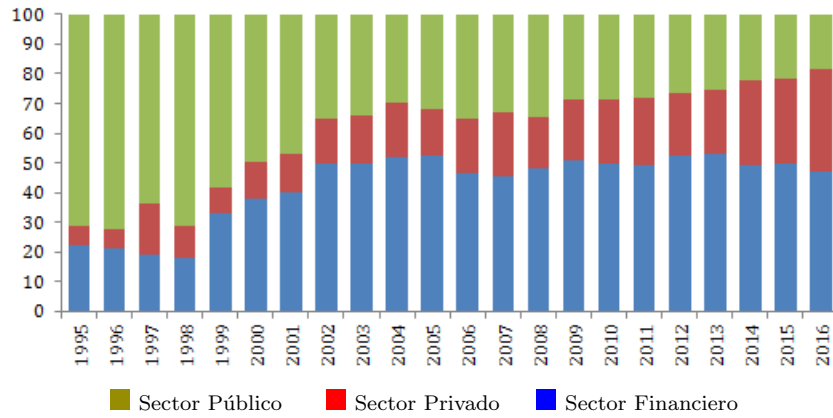


Fuente: Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Cálculos propios.

Como parte del desarrollo y dinámica del mercado de deuda pública, y por los distintos cambios económicos, se presentó una transformación en su estructura de propiedad, que impactó el comportamiento de los inversionistas y el mercado de capitales. De acuerdo con la información correspondiente a los saldos de capital de los TES clase B¹⁹ desagregados por plazos y tenedores, se observa que del total de la deuda interna del GNC para el año 1995, el 71,3% de los TES estaban en poder de entidades públicas, el 22,3% del sector financiero y el 6,4% del sector privado. Por el contrario, para septiembre del 2017, el 47,9% de los títulos están en manos del sector financiero, seguido por el sector privado con el 35% y el sector público con el 17,1%. En el caso de los bancos, el 69% de sus tenencias de TES se encuentran invertidas en títulos con vencimiento de entre 1 a 10 años, mientras que en el caso de los “auxiliares financieros” (almacenes generales de depósito, sociedades fiduciarias, sociedades administradoras fondos cesantías y pensiones, etc.) alrededor del 73% se encuentra invertido en TES con vencimientos superiores a 11 años (gráficos 4 y 5).

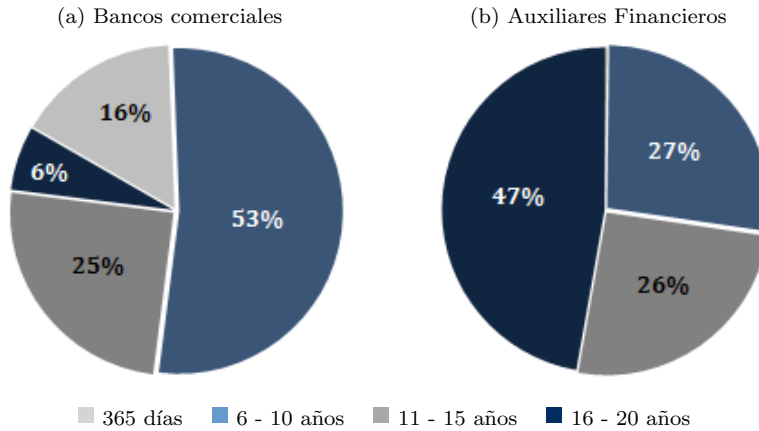
¹⁹Los TES Clase B fueron creados por la Ley 51 de 1990, y constituyen la principal fuente presupuestal para el financiamiento del Gobierno Nacional; así mismo, estos títulos se convirtieron en el instrumento por excelencia del mercado de capitales local.

Gráfico 4: Distribución de los TES clase B por poseedor



Fuente: Banco de la República. Cálculos propios

Gráfico 5: Porcentaje de participación por plazo de los TES clase B



Fuente: Banco de la República. Cálculos propios

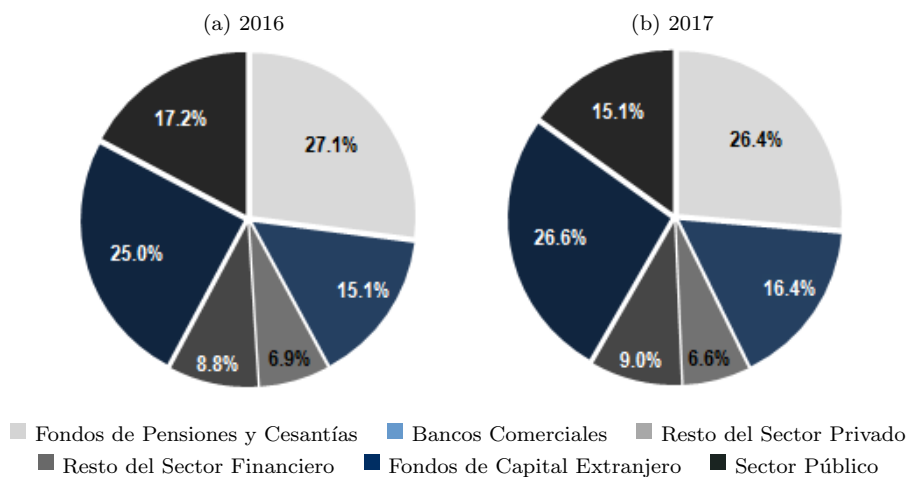
Según el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, al cierre de 2017 el saldo de los TES en circulación fue de \$255,03 billones, superando en \$24,7 billones el registro de 2016. Del último registro, el 26,5% estaban en poder de los fondos de pensiones y cesantías, el 26,6% en fondos de capital extranjero, el 16,4% en el sistema bancario local y el 15,1% en entidades públicas (gráfico 6)²⁰.

Es importante resaltar que los fondos de inversión extranjera se han convertido desde 2013 en grandes compradores de títulos de deuda interna del GNC, en particular, desde que JP Morgan los introdujo en su indicador del portafolio óptimo, atrayendo la atención de los inversionistas internacionales e incrementando la demanda de TES clase B. Entre los años 2016 y 2017 esa dinámica se fortaleció

²⁰La participación de estos fondos paso del 19,1% (\$ 41.8 bill) en abril del 2016 a 26,56% (\$ 67,7 bill) en diciembre del 2017.

gracias a las condiciones favorables de los mercados internacionales y las ventajas comparativas de la economía colombiana frente a las de otras regiones.

Gráfico 6: Tenedores de Títulos de Tesorería



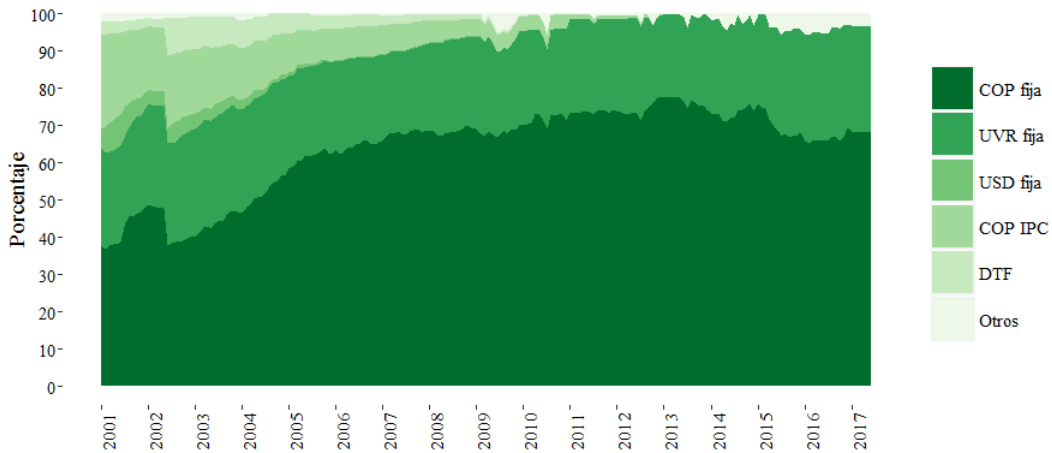
Fuente: Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Cálculos propios.

De acuerdo con Maya et al. (2016), la mayor participación de los fondos extranjeros en el mercado local trae consigo algunos riesgos inherentes para la economía colombiana, como: 1) cambios en las condiciones macroeconómicas en caso de salidas importantes de recursos, 2) efectos negativos sobre la liquidez del mercado local, 3) un impacto sobre el financiamiento interno del GNC y fuentes alternativas de recursos y 4) dificultad en las actividades de control por parte de las entidades de vigilancia. Adicionalmente, un alto flujo de fondos de capital extranjero invertidos en deuda pública local puede afectar la relación entre la tasa de interés de referencia fijada por la autoridad monetaria y las tasas de interés de negociación de los TES²¹.

Finalmente, con relación a la composición por tipo de interés de la deuda pública, los títulos indexados a tasa fija tienen una participación mayoritaria sobre el total. Para enero de 2004, tanto para la deuda interna como para la deuda externa, el 80% de los títulos de deuda pública estaban expresados en tasa fija, mientras que el 20% estaban en tasa variable. Sin embargo, para establecer una posición más favorable respecto a la volatilidad inherente de los mercados financieros, el gobierno modificó su participación durante los siguientes periodos. Para el año 2017, los títulos de deuda interna en tasa fija alcanzaron el 99.9% del saldo de deuda interna (gráfico 7); por su parte, para la deuda externa este porcentaje se ubicó en 68.75%. Así, del total de deuda del GNC al final del año, el 89% estaba emitida a tasa fija.

²¹Un ejemplo de este fenómeno se evidenció en el año 2016, cuando el Banco de la República de Colombia incrementó la tasa de intervención de 5,75% a 7,50%, sin embargo, las tasas de interés de los TES transados en el mercado secundario muestran, por el contrario, una tendencia decreciente de las tasas, y en especial las de largo plazo .

Gráfico 7: Composición por tipo de interés de la deuda interna del GNC.



Fuente: Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Cálculos propios.

5 Metodología

El análisis del efecto que tiene la deuda pública sobre el spread de la ETTI se desarrolla en dos etapas: en la primera se emplea un modelo de estado-espacio (*Filtro de Kalman*) para descomponer la ETTI en dos, el nivel y el spread, entendiendo este último, como un indicador de la prima exigida por los inversionistas para adquirir títulos de deuda pública. En la segunda etapa se cuantifica el efecto de la deuda pública sobre el spread por medio de modelos de regresión de series de tiempo. Entre los modelos utilizados se incluye un modelo de regresión univariado con componentes dinámicos para cada tramo de la ETTI, que se complementa con diferentes análisis de causalidad, funciones de impulso respuesta generalizadas, descomposición de varianza y descomposición histórica provistas por modelos multivariados de vectores autorregresivos con variables exógenas (*VAR-X*).

5.1 Filtro de Kalman

El filtro de Kalman es un algoritmo que se basa en el modelo de estado espacio, y se caracteriza por ser un filtro lineal recursivo capaz de estimar y predecir una variable que no es observada directamente, pero cuyo efecto es medido por medio de otras variables (Commandeur y Koopman, 2007). La idea detrás del filtro es llegar a una función de densidad condicional de las variables de estado²², con base en un sistema dinámico fundamentado en el teorema de Bayes, el cual utiliza la información observada hasta un momento del tiempo para *predecir* de manera óptima los estados del siguiente periodo, *recalculando* la solución cada vez que una nueva observación o medida es incorporada en el sistema (Pasricha, 2006).

²²Hace referencia al comportamiento de todas aquellas variables que no son observadas.

El filtro de Kalman utiliza dos ecuaciones, una *ecuación de medida* (1), que describe la relación entre las variables observadas (y_t) y no observadas (x_t), y una *ecuación de transición* (2), que describe la dinámica de las variables no observadas con base en parámetros determinísticos (c_t) y estocásticos (η_t). Las dos ecuaciones se definen respectivamente como:

$$y_t = d_t + Z_t x_t + \epsilon_t \quad (1)$$

$$x_t = c_t + T_t x_{t-1} + R_t \eta_t \quad (2)$$

Donde $\epsilon_t \sim N(0, H_t)$ y $\eta_t \sim N(0, Q_t)$ y Z_t y T_t representan la matriz de estado en la medida y_t y la matriz de transición de estado en el tiempo t al estado en el tiempo $t-1$, respectivamente. El sistema de matrices Z_t , T_t , R_t , H_t y Q_t son no estocásticos, pueden variar en el tiempo y, en general, contienen parámetros desconocidos denotados por θ , llamados hiperparámetros, que son estimados por máxima verosimilitud. Los términos de error η_t y ϵ_t se asumen serialmente independientes e interdependientes entre sí en todo momento del tiempo ($\mathbf{E}[\eta_t \epsilon_t^T] = 0$ para todo t). Para estimar el comportamiento de x_t con base en la información de y_t , el filtro de Kalman toma como base las expectativas condicionadas a y_t y por medio de ellas, construye un proceso recursivo para predecir los periodos siguientes:

$$a_{t-1} = \mathbf{E}[x_{t-1} \mid y_0, \dots, y_{t-1}] \quad (3)$$

$$P_{t-1} = \mathbf{E}[(x_{t-1} - a_{t-1}) \mid (x_{t-1} - a_{t-1})^T] \quad (4)$$

donde (3) y (4) son las estimaciones del vector de estado y su matriz de covarianzas en el tiempo t con información disponible en el momento $t-1$. En este sentido, $a_{t|t-1}$ y $P_{t|t-1}$ construyen la primera etapa del filtro, correspondiente a la *predicción*.

$$a_{t|t-1} = T_t a_{t-1} + c_t \quad (5)$$

$$P_{t|t-1} = T_t P_{t-1} T_t^T + R_t Q_t R_t^T \quad (6)$$

Posteriormente, en la etapa de *corrección*, si una nueva observación es introducida en el momento t , entonces $a_{t|t-1}$ y $P_{t|t-1}$ se pueden actualizar con base en las ecuaciones de actualización de medida.

Esto es, sea $F_t = Z_t P_{t|t-1} Z_t^T + H_t$ entonces:

$$a_t = a_{t|t-1} + P_{t|t-1} Z_t^T F_t^{-1} [y_t - Z_t a_{t|t-1} - d_t] \quad (7)$$

$$P_t = P_{t|t-1} - P_{t|t-1} Z_t F_t^{-1} Z_t^T P_{t|t-1} \quad (8)$$

Las ecuaciones (5)-(6) y (7)-(8) componen el filtro del Kalman²³. Sustituyendo (5) en (7) y (6) en (8), se obtienen un conjunto de ecuaciones que unen a_{t-1} y P_{t-1} a a_t y P_t .

$$a_t = T_t a_{t-1} + c_t + P_{t|t-1} Z_t^T F_t^{-1} [y_t - Z_t [T_t a_{t-1} + c_t] - d_t] \quad (9)$$

$$P_t = [T_t P_{t-1} T_t^T + R_t Q_t R_t^T] - [T_t P_{t-1} T_t^T + R_t Q_t R_t^T] Z_t F_t^{-1} Z_t^T [T_t P_{t-1} T_t^T + R_t Q_t R_t^T] \quad (10)$$

Para dar inicio a la iteración anterior, son necesarios los valores iniciales a_{-1} y P_{-1} ($a_{0|-1}$ y $P_{0|-1}$). Estos valores son frecuentemente estimados haciendo uso de métodos estadísticos (ver Harvey, 1989; Abril, 1997; Koopman, 1997; Koopman y Durbin, 2003).

Por tanto, cuando los errores y el vector de estado inicial están normalmente distribuidos, esto permite que la función de verosimilitud sea calculada por medio de la descomposición del error de predicción ($v_t = y_t - \mathbf{E}[y_t | Y_{t-1}]$). Este hecho, da paso a un proceso recursivo que emplea la distribución normal multivariada para calcular la distribución de x_t , condicional a la información establecida en el tiempo t . Lo anterior habilita la posibilidad de estimar cualquier parámetro desconocido en el modelo y también provee las bases para las pruebas estadísticas y de especificación del mismo (Abril, 2010).

El uso que se le ha dado al filtro de Kalman engloba un sin número de aplicaciones en la ingeniería y en economía (Pasricha, 2006). Entre ellos, se destaca su amplia funcionalidad en la estadística como método de estimación y predicción de las series temporales. En este aspecto, el filtro permite calcular los componentes no observados de una serie de tiempo tales como, la tendencia, el ciclo y la estacionalidad, así como estadísticos de diagnóstico que sirven para detectar observaciones atípicas y cambios estructurales. Como se mencionó anteriormente, el filtro de kalman descrito en esta subsección será utilizado para estimar el spread de la curva de rendimientos y su aplicación será explicada en la siguiente sección.

5.2 Modelo de Vectores Autorregresivos con Variables Exógenas (VAR-X)

Los modelos VAR-X han demostrado ser una herramienta de gran utilidad para describir el comportamiento dinámico de series temporales en el ámbito económico y financiero. Generalmente, los VAR-X son utilizados para caracterizar el comportamiento de un conjunto de variables de manera simultánea, de tal forma que permite bajo ciertos supuestos, describir, prever y determinar el impacto causal de choques o innovaciones inesperadas sobre cada una de las variables del sistema. Los impactos causales son extraídos y analizados mediante las funciones de impulso respuesta, la descomposición de varianza del error de pronóstico y los contrastes de causalidad, propios de este tipo de especiaciones.

Sea $Y_t = (y_{1t}, y_{2t}, y_{3t}, \dots, y_{nt})'$ un vector con n variables endógenas y $X_t = (x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}, \dots, x_{mt})'$ un vector con m variables exógenas, donde Y_t y X_t puede estar en niveles o en primeras diferencias, esto depende de la naturaleza - estacionaria o no estacionaria - de la serie de tiempo, de las características

²³Para un mayor detalle ver Gómez (2016).

de los datos, del propósito del estudio y de la estrategia de identificación. La forma reducida del modelo estructural incluye los primeros p rezagos de las variables endógenas, los valores contemporáneos y los primeros q rezagos de las variables exógenas y un vector constante.

Un $VAR-X(p, q)$ en su forma reducida se representa como:

$$Y_t = A_0 + A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + B_0 X_t + B_1 X_{t-1} + \dots + B_q X_{t-q} + e_t \quad (11)$$

$$Y_t = A_0 + A(L) Y_t + B(L) X_t + e_t \quad (12)$$

$$Y_t = A_0 + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \sum_{j=0}^q B_j X_{t-j} + e_t \quad (13)$$

Según esta especificación, se supone que el modelo es estable y sus residuales son ruido blanco gaussianos $e_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \Sigma)$, además, se supone que X_t no está correlacionado con e_t en sus valores contemporáneos y rezagados. A_0 es un vector de parámetros $n \times 1$, A_i es una matriz de coeficientes de $n \times n$, con $i = 1, \dots, p$ y B_i es una matriz de $n \times m$, con $j = 1, \dots, q$

Al ser $\Psi(L) = \Psi_0 + \Psi_1 L + \dots = [I - A(L)]^{-1}$ con $\Psi_0 = I$ un polinomio infinito de operadores de rezagos L , es posible obtener la representación $VMA-X$ del modelo²⁴

$$Y_t = \Psi(1) A_0 + \Psi(L) B(L) X_t + \Psi(L) e_t \quad (14)$$

$$Y_t = \mu + C(L) \varepsilon_t + A(L) X_t \quad (15)$$

Donde ε son los valores actuales y pasados de los choques estructurales que se asumen ruido blanco gaussiano, con una matriz de varianzas y covarianzas igual a una identidad, $\varepsilon_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, I)$, μ es un vector de parámetros $n \times 1$, $C(L)$ y $A(L)$ son polinomios infinitos del operador de rezagos L donde cada matriz es de tamaño $n \times n$, y $n \times m$ respectivamente. La representación $VMA-X$ del modelo $VAR-X$ permite construir la función impulso respuesta, la cual ilustra el comportamiento dinámico del modelo en donde se describe el efecto de un choque a una de las innovaciones sobre los valores actuales y futuros de las variables endógenas (Lutkepohl, 2005; Ocampo y Rodríguez, 2011). Los modelos $VAR-X$ descritos en esta subsección tienen como objetivo analizar el comportamiento dinámico de las variables macroeconómicas sobre el *spread* de la ETTI. En la siguiente sección se describen las variables introducidas en los $VAR-X$ y su efecto sobre el *spread*.

²⁴El modelo es estable si $\Psi(1) = [I - \sum_{i=1}^p A_i]^{-1}$ existe y es finito.

6 Datos y estimaciones

El estudio utiliza series mensuales entre enero de 2003 y diciembre de 2017. Las variables son la tasa de interés cero cupón de los títulos del gobierno colombiano a los plazos (n) de 3, 6, 9, 12, 36, 60 y 120 meses ($r_{n,t}$), que son calculadas a partir de la información de los precios de mercado de los TES en pesos - se utiliza el modelo de *Nelson & Siegel* para su obtención²⁵, la tasa de interés de referencia del Banco de la República (i_t), el spread de la ETTI de los bonos del tesoro de Estados Unidos a 1 y 10 años ($spdUSA_t$)²⁶, la tasa de crecimiento de los títulos de deuda del GNC denominados a tasa fija ($tcTF_t$) y tasa variable ($tcTV_t$)²⁷, el indicador del “spread” de los bonos de mercados emergentes ($Embi_t$), el índice de volatilidad del mercado de opciones PUT de Chicago (Vix_t), la tasa de crecimiento de la actividad económica ($tcPIB$)²⁸, una medida de las expectativas de la tasa de cambio ($expTC_t$) y la inflación local (π_t)(el anexo 1 describe las fuentes de información).

Las variables seleccionadas en este documento corresponden a las utilizadas por la literatura que evalúa el comportamiento de las tasas de interés tanto en el corto como en el largo plazo. Por ejemplo, Evans (1985) propone un estructura funcional donde la tasa de interés depende de factores internos como: el déficit presupuestario, el gasto público, la oferta monetaria real y la tasa de inflación; Hoelscher (1986) por su parte, incorpora en su análisis los efectos del crecimiento económico, como una medida de la capacidad de demanda por fondos prestables. Adicionalmente, Edwards y Khan (1985) fundamentados en la ecuación de Fisher y la paridad de tasas de interés para una economía pequeña y abierta, introducen variables como la tasa de interés externa y las expectativas de depreciación de la tasa de cambio²⁹. Recientemente, se han incorporado en este tipo de modelos variables que reflejan la percepción de riesgo de los inversionistas sobre el comportamiento de la economía. Esto se debe a la influencia que tienen estos indicadores sobre el comportamiento de los flujos de capitales y con ello, sobre las tasas de interés (Whaley, 2000; Cox, 2008)³⁰.

²⁵En este documento se considera como corto plazo los nodos de la curva de rendimiento menores a 1 año.

²⁶Las variables son: 1-Year Treasury Constant Maturity Rate y 10-Year Treasury Constant Maturity Rate

²⁷Las variables correspondientes a los títulos emitidos a tasa fija y tasa variable, fueron transformadas en términos reales para evitar problemas asociados al crecimiento del nivel de precios.

²⁸Para desagregar los datos trimestrales del Producto Interno Bruto (PIB), se utilizó el Método de Denton-Cholette. Este método está basado en un proceso de optimización cuadrático lineal y tiene como finalidad estimar una serie de alta frecuencia utilizando restricciones de agregación, dada por la serie observada de menor frecuencia (para un mayor detalle ver Sax y Steiner (2013)).

²⁹Estas variables son de especial relevancias en las economías emergentes, pues cada vez existe una mayor influencia de los eventos internacionales sobre las decisiones de inversión de los agentes financieros. Tanto los anuncios como los ajustes en las tasas de interés de las economías avanzadas, incrementan la movilidad de capitales a nivel mundial. Estos cambios provocan ajustes en el precio de los bonos soberanos de las economías emergentes, afectando el *spread* de la ETTI (Melo Becerra et al., 2013).

³⁰Considerando que las tasas de interés de los títulos de deuda están determinadas por las condiciones económicas del mercado, en la mayoría de estudios sobre el comportamiento de la curva de rendimientos se introducen las variables propuestas en estos estudios (Ang y Piazzesi, 2003; Barnes, 2008; Claeyts et al., 2012; Aisen y Hauner, 2013).

6.1 Spread de la ETTI

De acuerdo con da Silva et al. (2014), el comportamiento del spread de la curva de rendimientos o ETTI se puede especificar mediante el siguiente modelo de estado – espacio:

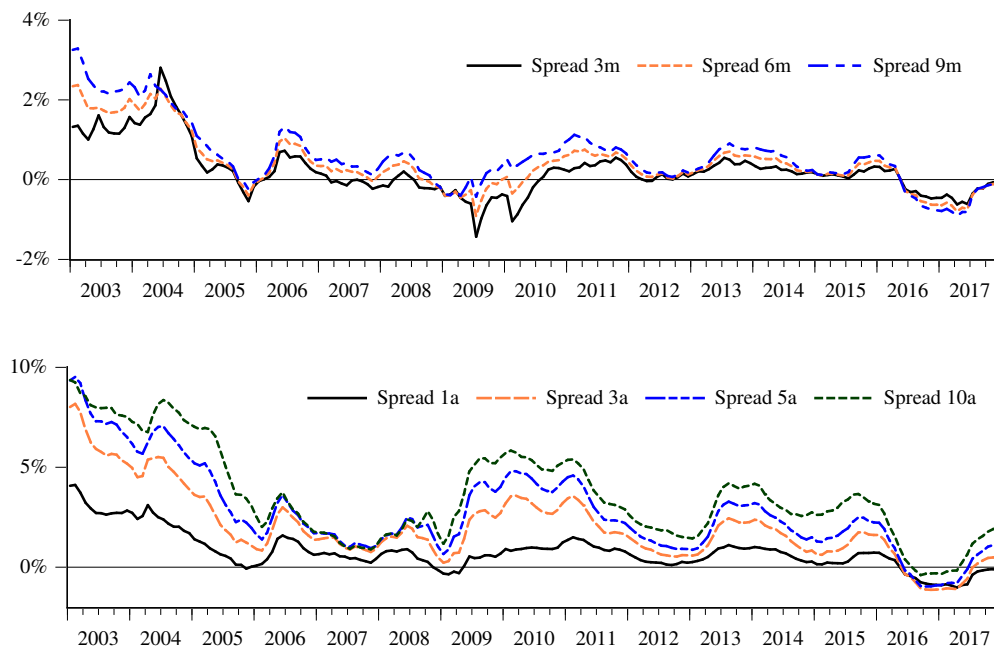
$$r_{n,t} = i_t + spd_t + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad t = 1, \dots, T \quad (16)$$

$$spd_t = spd_{t-1} + \eta_t \quad \eta_t \sim N(0, \sigma_\eta^2) \quad (17)$$

donde $r_{n,t}$ es la tasa cero cupón de los TES con maduración a 3, 6, 9, 12, 36, 60 y 120 meses, i_t es la tasa de intervención del Banco de la República, spd_t es la variable de estado o dependiente no observada, que mide el spread para cada uno de los tramos de la ETTI en el tiempo, ε_t refleja los efectos de las perturbaciones del spread y η_t muestra los efectos de las perturbaciones sobre el diferencial del mismo, relacionadas con los cambios en el comportamiento y perfil de los inversores.

Esta metodología de estimación permite, por un lado, separar el efecto generado por la variabilidad del spread de su comportamiento tendencial. Esto favorece el análisis del efecto de las variables macroeconómicas sobre el spread; puesto que tales variables, al ser extraídas de un espectro de menor frecuencia, no son capaces de explicar las variaciones de corto plazo de la ETTI. Por otro lado, la metodología utilizada permite comparar y analizar la estructura completa de la curva, incluyendo las fluctuaciones de corto plazo, proporcionando un mayor detalle de las relaciones entre las variables que miden el comportamiento del mercado y los movimientos de la ETTI.

Gráfico 8: Spread de la curva de rendimientos



El gráfico 8 muestra la evolución histórica de los spread de la ETTI para Colombia. Se observa que el spread es siempre mayor conforme aumenta el plazo de vencimiento de los títulos del GNC, como se espera en condiciones normales del mercado, ya que los inversionistas exigen mayores rendimientos para vencimientos de más largo plazo. Es de notar el descenso pronunciado de los spread en los primeros tres años de la muestra, hecho que parece reflejar la recuperación del precio de los títulos de deuda pública, luego de la llamada “crisis de los TES” ocurrida en 2002. Así mismo, se resaltan los valores negativos observados entre los periodos 2007-2009 y 2016-2017, probablemente atribuidos al aumento en la tasa de interés de referencia por parte del banco central: entre septiembre de 2005 y julio de 2008 se incrementó 400 puntos básicos y entre julio de 2015 y agosto de 2016 325 puntos básicos. La pregunta natural que emerge del gráfico anterior es ¿qué determina el comportamiento del spread, y en particular, cuál es el rol de la deuda pública en dicho comportamiento? El presente documento se encarga de responderla.

6.2 Determinantes del spread de la ETTI

Esta subsección analiza el efecto de la deuda pública sobre la prima de rendimientos a diferentes plazos o spread. Con el fin de lograr este objetivo se controla por todos aquellos factores internos y externos que inciden sobre el comportamiento de las tasas de interés y el spread.

Antes de presentar los resultados como ejercicio exploratorio se evaluó primero si existía causalidad entre los spread de corto y largo plazo, con el objetivo de excluir las variaciones en el spread producto de cambios en la estructura interna de la ETTI. Con este fin se estimó la respuesta de los spread en los diferentes tramos de la curva de la ETTI ante una perturbación positiva del spread de más corto plazo, mediante un modelo *VAR-X*, siendo:

$$Y_t = (spd_{3,t}, spd_{6,t}, spd_{9,t}, spd_{12,t}, spd_{34,t}, spd_{60,t}, spd_{120,t})$$

$$X_t = (\pi_t, Embi_t, spdUSA_t, Vix_t, TcPIB_t, expTC_t)$$

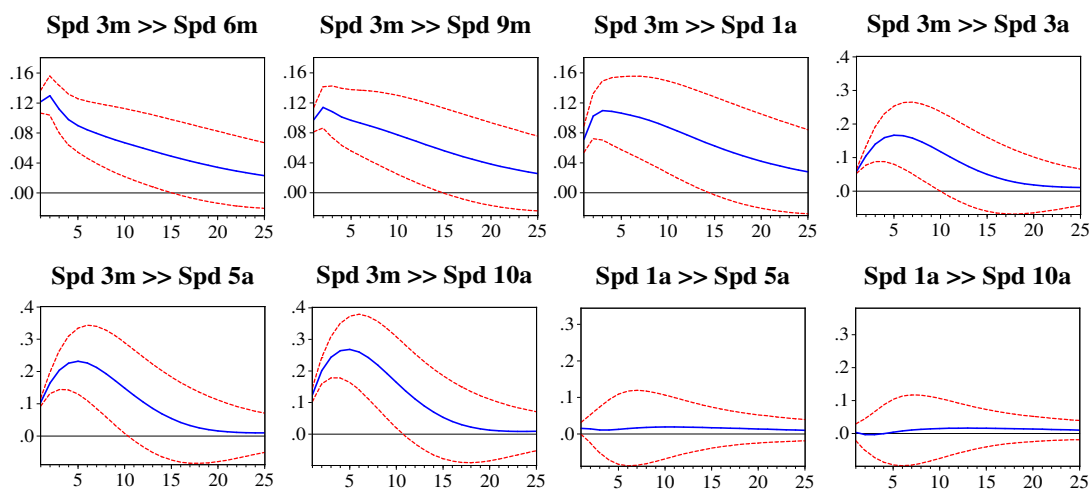
Y_t y X_t representan los conjuntos de variables endógenas y exógenas, respectivamente. La variable $spdUSA_t$ como se mencionó, define el spread de los bonos del tesoro de los Estados Unidos a 1 y 10 años. Las demás variables corresponden a las series definidas con anterioridad.

Como lo ordena la teoría y práctica econométrica, seguidamente se evalúa si las series utilizadas se comportan o no como procesos estacionarios. Las pruebas de raíz unitaria de Dickey Fuller y Phillips-Perron indican que las series seleccionadas son estacionarias, excepto la inflación y el spread de los bonos de EEUU, las cuales se comportan como procesos no estacionarios de orden 1 (ver anexo 3). Con el fin de evitar estimaciones espurias por la presencia de series no estacionarias, se incluyen las primeras diferencias de las series mencionadas.

El modelo *VAR-X* considera los valores contemporáneos y rezagados de las variables exógenas, así

mismo, incluye dos rezagos de las variables endógenas, de acuerdo con los rezagos óptimos determinados por los criterios de información de Schwarz y Hannan-Quinn. Las funciones de impulso respuesta, por su parte, se construyeron a partir de la descomposición de Cholesky de la matriz de varianzas y covarianzas.

Gráfico 9: Impulso - respuesta del *spread* de corto plazo sobre la curva de rendimientos



Fuente: estimaciones propias

La línea sólida del gráfico 9 representa la trayectoria de la función de impulso respuesta de los spread de los títulos a los plazos restantes ante una perturbación positiva y transitoria de los spread de corto plazo (sobre títulos a 3 meses). Las líneas punteadas representan el intervalo de confianza de dos desviaciones estándar (± 2 S.E.). El eje de las X representa el horizonte de pronóstico, mientras que el eje de las Y indica el nivel de respuesta medido en desviaciones estándar.

Lo primero que se observa es que el impacto es heterogéneo, si se comparan los tramos de corto y largo plazos. De acuerdo con los resultados, las innovaciones del spread de corto plazo producen un aumento estadísticamente significativo de los spread, tanto de corto como de largo plazos: los impactos son más rápidos y de menor tamaño, pero de más duración, sobre los spreads de menor plazo. Por el contrario, son más lentos y de mayor tamaño, pero de menor duración, sobre los spreads de mayor plazo. Por tanto, los resultados permiten concluir que existe un componente de transmisión interna que relaciona las tasas de interés de corto y largo plazos³¹. Los resultados que se presentan enseguida controlan por tales efectos.

³¹Para un análisis más completo, se estimó el impacto del *spread* a un año y se encontró, que su efecto es no significativo para el caso de los plazos a 3, 5 y 10 años.

6.2.1 Análisis de regresión univariado

En esta subsección se estima el impacto que tiene la deuda pública y las demás variables macroeconómicas sobre el spread de la ETTI, mediante un modelo de regresión univariado. En este modelo se incluyen las variables internas y externas sugeridas por la literatura económica, identificadas en un aparte anterior. En el caso de las internas se incorporan las siguientes: depreciación esperada de la moneda local, inflación, ciclo económico y, por supuesto, las variables de interés: la deuda pública interna, desagregada en aquella que fue emitida a tasa fija y en aquella emitida a tasa variable, con el propósito de determinar si la reacción de los agentes es o no independiente de la composición de la deuda pública. Las variables externas consideradas son: medidas del riesgo global y la incertidumbre económica y el spread de la ETTI de los bonos del tesoro de Estados Unidos a 1 y 10 años³². Con el fin de incorporar los resultados del ejercicio exploratorio, se incorpora también como variable explicativa el spread a tres meses, con el fin de controlar por los efectos del spread de corto plazo sobre los spread de plazos mayores.

Así, el modelo de regresión del spread se especifica como:

$$spdn,t = \beta_p tcTF_{t-p} + \alpha_p tcTV_{t-p} + \gamma_p \pi_{t-p} + \delta_p Embi_{t-p} + \varpi_p Vix_{t-p} + \beta expTC_t + \mu_p TcPIB_{t-p} + \phi_p spdUSA_{t-p} + \varphi spd_{3,t} + \varepsilon_t \quad n = 6, 9, 12, 36, 60, 120$$

Donde spd_3 es el spread de los títulos de deuda pública a tres meses y ε_t es el termino de error, que se supone que se distribuye normal $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$. Las demás variables fueron definidas con anterioridad. Nótese que con el objetivo de controlar por el posible sesgo de endogeneidad entre el spread, la inflación y el crecimiento económico, se utilizan los rezagos de estas últimas dos variables como instrumentos, en lugar de sus valores contemporáneos³³.

Los resultados de las estimaciones se muestran en el cuadro 1. La selección de la estructura de rezagos del modelo se realizó con base en un proceso recursivo de estimación por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y teniendo en cuenta varios criterios de selección, entre ellos, los criterios de información de Akaike (AIC) y de Schwarz (SBC), la significación estadística del último bloque de rezagos y el cumplimiento de los supuestos estadísticos sobre los términos de error (las pruebas sobre los términos de error son reportadas en el anexo 4).

³²El lector puede consultar la investigación realizada por Guarín López et al. (2014) sobre el vínculo entre el *spread* de los títulos del Tesoro de Estados Unidos y el *spread* de los títulos del GNC.

³³De acuerdo con la literatura, los cambios inesperados o innovaciones en el spread están asociados positivamente con el crecimiento de las expectativas de inflación y la actividad económica (Hu, 1993; Campbell y Ammer, 1993; Shiller y Beltratti, 1992; Harvey, 1988; Fama, 1986). Para el caso colombiano, esta hipótesis fue contrastada por Arango et al. (2004) y Arango y Arosemena (2003) quienes demostraron que la estructura a plazo de las tasas de interés contiene información sobre el desempeño futuro de la actividad económica y contribuye a predecir las expectativas de inflación.

Cuadro 1: Resultados de las regresiones para cada *spread* de la curva de rendimientos

Variables	<i>spd</i> _{6,t}	<i>spd</i> _{9,t}	<i>spd</i> _{12,t}	<i>spd</i> _{36,t}	<i>spd</i> _{60,t}	<i>spd</i> _{120,t}
<i>Constante</i>	-1.2023*** (0.000)	-1.1820*** (0.000)	-0.3397** (0.029)	-0.0108 (0.973)	0.3390 (0.382)	0.9800** (0.021)
<i>tcTF_t</i>	-0.0065 (0.156)	-0.0036 (0.442)	0.0059 (0.130)	0.0223*** (0.006)	0.0393*** (0.000)	0.0660*** (0.000)
<i>tcTV_t</i>	0.0027*** (0.000)	0.0060*** (0.000)	0.0098*** (0.000)	0.0226*** (0.000)	0.0270*** (0.000)	0.0262*** (0.000)
<i>tcPIB_{t-1}</i>	0.4231*** (0.000)	0.4522*** (0.000)	0.2101*** (0.001)	0.4021*** (0.002)	0.4658*** (0.004)	0.4539*** (0.009)
<i>tcPIB_{t-2}</i>	-0.4841*** (0.000)	-0.4880*** (0.000)	-0.1583 (0.148)	-0.3733* (0.095)	-0.4377 (0.110)	-0.4411 (0.139)
<i>tcPIB_{t-3}</i>	0.2881*** (0.000)	0.3007*** (0.000)	0.2241** (0.043)	0.2555** (0.042)	0.2681* (0.080)	0.2339 (0.161)
π_{t-1}	0.1688** (0.044)	0.2070*** (0.017)	0.1191* (0.094)	0.2805* (0.054)	0.3084* (0.084)	0.3506* (0.071)
π_{t-2}	-0.2282*** (0.006)	-0.2810*** (0.001)	-0.1764** (0.014)	-0.5357*** (0.000)	-0.6893*** (0.000)	-0.8664*** (0.000)
<i>Embi_t</i>	0.00500*** (0.000)	0.0053*** (0.000)	0.0024*** (0.002)	0.0067*** (0.000)	0.0096*** (0.000)	0.0128*** (0.000)
<i>Embi_{t-1}</i>	-0.0010 (0.338)	-0.0014 (0.185)	-0.0015* (0.090)	-0.0022 (0.226)	-0.0024 (0.288)	-0.0024 (0.328)
<i>Embi_{t-2}</i>	0.0009 (0.217)	0.0011 (0.161)	0.0008 (0.202)	0.0024* (0.068)	0.0032** (0.051)	0.0035*** (0.050)
<i>Vix_t</i>	-0.0327*** (0.000)	-0.0338*** (0.000)	-0.0131*** (0.001)	-0.0297*** (0.000)	-0.0403*** (0.000)	-0.0545*** (0.000)
<i>expTC_t</i>	0.0002 (0.940)	0.0003 (0.905)	0.0005 (0.776)	0.0091*** (0.010)	0.0120*** (0.006)	0.0086* (0.068)
<i>spdUSA_t</i>	0.2516* (0.095)	0.3411* (0.092)	0.3243* (0.086)	0.6997*** (0.000)	0.8603*** (0.000)	0.9524*** (0.000)
<i>spd_{3,t}</i>			0.6588*** (0.000)	0.7471*** (0.000)	0.7253*** (0.000)	0.6059*** (0.000)
<i>R²_{ajust.}</i>	0.7550	0.8016	0.9006	0.8861	0.8864	0.8907
Obs.	177	177	177	177	177	177

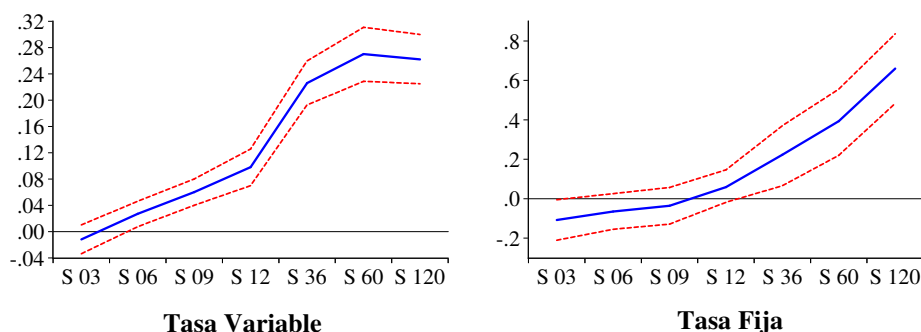
Fuente: estimaciones propias

Entre paréntesis se encuentra el *p-valor* de la prueba de significancia individual
 Nivel significancia estadística al 10% (*), 5% (**) y 1% (***)

Desde el punto de vista del objetivo del estudio, el resultado más importante del cuadro 1 indica que la deuda del GNC tiene un efecto positivo y significativo sobre el spread. Así, aumentos en la emisión de títulos a tasa fija y variable producen un incremento en los spread de las tasas de interés de los títulos de deuda pública de todos los plazos, en el caso de los de tasa variable, y de los spread de los títulos de deuda de largo plazo, en el caso de los de tasa fija, ocasionando un desplazamiento de la curva ETTI. Vale resaltar que el impacto de los títulos a tasa fija es relativamente más fuerte en los spread a 3, 5 y 10 años. Como lo ilustra el gráfico 10, una perturbación positiva del 10% de la emisión

de deuda interna a tasa variable está asociado con un incremento de los spread en los últimos tres nodos de 0,22%, 0,27% y 0,26%. En contraste, una perturbación positiva del 10% de la emisión de deuda interna a tasa fija incrementa los spread de los plazos equivalentes en 0.22%, 0.39% y 0.66%, respectivamente. ¿Qué explica este resultado? Probablemente, la razón es que los títulos a tasa fija son más sensibles a las condiciones y perturbaciones que reciba el mercado; no obstante estos títulos son menos riesgosos para el gobierno.

Gráfico 10: **Efectos de la emisión de títulos vinculados a tasa fija y tasa variable sobre el spread**



Fuente: cuadro 1. Impacto de una variación de 10% de la deuda indexada a tasa fija o a tasa variable sobre el spread. Los intervalos de confianza fueron construidos con un nivel del 95%.

Por su parte, es de notar que un incremento de la actividad económica tiene un efecto rezagado de carácter positivo y estadísticamente significativo sobre todos los spread, correspondientes a cada tramo de la curva de rendimientos. Este hecho, es consistente con la literatura, que plantea que la brecha entre las tasas de interés a corto y largo plazo tienden a moverse con el ciclo económico, es decir, el spread se reduce antes de una desaceleración en la actividad económica y se amplía antes de una expansión económica; generalmente, esto se debe a que los inversores son más reacios al riesgo en las recesiones que en los auges (Kessel, 1965).

La inflación tiene un efecto negativo sobre el spread dos periodos adelante, lo cual sugiere que un aumento del nivel de precios impacta positivamente las tasas de interés de corto plazo de los títulos del gobierno y genera así una reducción del spread. En particular, se estima que, para los plazos de 3, 5 y 10 años, un aumento de 10% en la inflación genera una caída del spread de 5.3%, 6.8% y 8.6%, respectivamente. Con base en estos resultados, surge la pregunta de si este comportamiento entre las tasas de corto y largo plazos ante un aumento de la inflación se mantiene a lo largo del tiempo; la siguiente subsección responde este interrogante.

En términos del indicador de percepción del riesgo soberano, medido por el EMBI, se observa un efecto contemporáneo de carácter positivo sobre todos los plazos de la ETTI. Por tanto, se estima que una perturbación en el EMBI genere un desplazamiento y empinamiento de la curva ETTI, lo cual evidencia una reacción negativa por parte de los inversionistas que, al percibir un mayor riesgo, exigirán

un spread mayor. Con respecto al VIX, se encuentra que aumentos en esta variable produce una caída contemporánea en el spread, resultado contrario al esperado. Melo Becerra et al. (2013) argumentan que este resultado es consecuencia de la correlación entre el EMBI y el VIX, que es dominada por el comportamiento del EMBI. Adicionalmente, estos mismos autores sugieren la hipótesis de que un aumento del VIX tiene una mayor repercusión en el corto plazo, consecuencia de los ajustes en las perspectivas sobre el desempeño de la economía mundial, que repercuten en la demanda de bonos de las economías emergentes.

Por último, los resultados muestran la existencia de una relación positiva, significativa y relativamente alta entre los spread de los títulos del Tesoro de los Estados Unidos y los spread de la deuda del GNC. De acuerdo con las estimaciones, el efecto de esta variable es más significativo estadísticamente para los tramos de largo plazo, sugiriendo que los títulos de deuda del GNC a más de 3 años son más sensibles a variaciones en las tasas de interés de los títulos del gobierno estadounidense. Como lo explican Guarín López et al. (2014), ante incrementos de las tasas de interés de los títulos de largo plazo del gobierno de Estados Unidos, los inversionistas en el mercado colombiano se ven incentivados a vender los títulos de deuda locales con el objetivo de obtener mayores rendimientos en el exterior. Este comportamiento presiona al alza de las tasas de interés de los títulos locales, como una medida para incentivar su demanda, y genera un incremento en el spread de los títulos de largo plazo del GNC.

6.2.2 Análisis de regresión multivariado

Ahora se evalúa de manera simultánea el impacto dinámico de las perturbaciones de las variables macroeconómicas sobre el spread de la ETTI. Se emplearon los contrastes de causalidad de Granger, funciones de impulso respuesta generalizadas, basadas en la metodología propuesta por Pesaran y Shin (1998) y descomposiciones de varianza e histórica de choques de un modelo de vectores autorregresivos con variables exógenas (*VAR-X*). Los anexos 5 y 7 explican cada una de las metodologías.

La estimación contempló seis modelos *VAR-X* (uno por cada *spread*):

$$Y_t = (Embi_t, tcTV_t, tcTF_t, expTC_t, \pi_t, TcPIB_t, spd_{n,t})$$

$$X_t = (spdUSA_t, Vix_t, spd_{3,t}) \quad n = 6, 9, 12, 36, 60, 120$$

Y_t y X_t representan los conjuntos de variables endógenas y exógenas del sistema VAR. Al igual que en los anteriores casos, la estructura de rezagos se obtuvo a partir de la minimización de los criterios de información de Akaike y Schwarz. La exogeneidad de las variables seleccionadas se asume por el hecho de que Colombia es una economía pequeña y abierta.

Los resultados obtenidos de los contrastes de causalidad de Granger³⁴, indican que el conjunto de

³⁴La idea de Granger (1969) consiste en que, si después de extraer toda la información contenida en los propios valores pasados de una variable, la adición de otra variable como regresor reduce la varianza del error de predicción de la variable estudiada, entonces aquella variable sería causal de la primera. En el anexo 4 se detalla la idea de causalidad de Granger

variables seleccionadas tiene un efecto causal sobre el spread en los diferentes tramos de la curva ETTI, con un nivel de significación estadística del 1% (ver anexo 6). Por su parte, la descomposición de varianza del error de pronóstico de los modelos *VAR-X* permiten concluir la existencia de cierto grado de dependencia en el comportamiento futuro de los spread, ante movimientos sobre las variables del sistema; es decir, según esta metodología, ninguna de las variables endógenas del sistema se puede considerar estrictamente exógena.

Como se puede apreciar en los cuadros del anexo 8, el error de estimación de los spread es principalmente explicado por sus propias innovaciones. La importancia relativa de las innovaciones de las otras variables se incrementa especialmente después del 4 periodo. Así, en el corto plazo, un poco menos de la mitad de la variación de los errores de pronóstico del spread es explicado en su orden por: *TcPIB*, π , *Embi*, *tcTF*, *tcTV*, y *expTC* indicando las que las condiciones económicas locales, entre las cuales se encuentran los títulos del GNC, tienen una alta influencia sobre el comportamiento de las tasas de interés. En otras palabras, las innovaciones en el comportamiento de la economía, la inflación, el EMBI y la deuda del gobierno explican en mayor medida la trayectoria futura de los spread en el corto plazo. Por otro lado, las variables que más impactan el spread de largo plazo son: *tcTF*, *Embi*, *TcPIB*, *expTC*, π y *tcTV*, lo cual sugiere que las innovaciones correspondientes a la deuda del gobierno, en particular de la deuda a tasa fija, tienen una participación significativa en el comportamiento de los spread de más largo plazo.

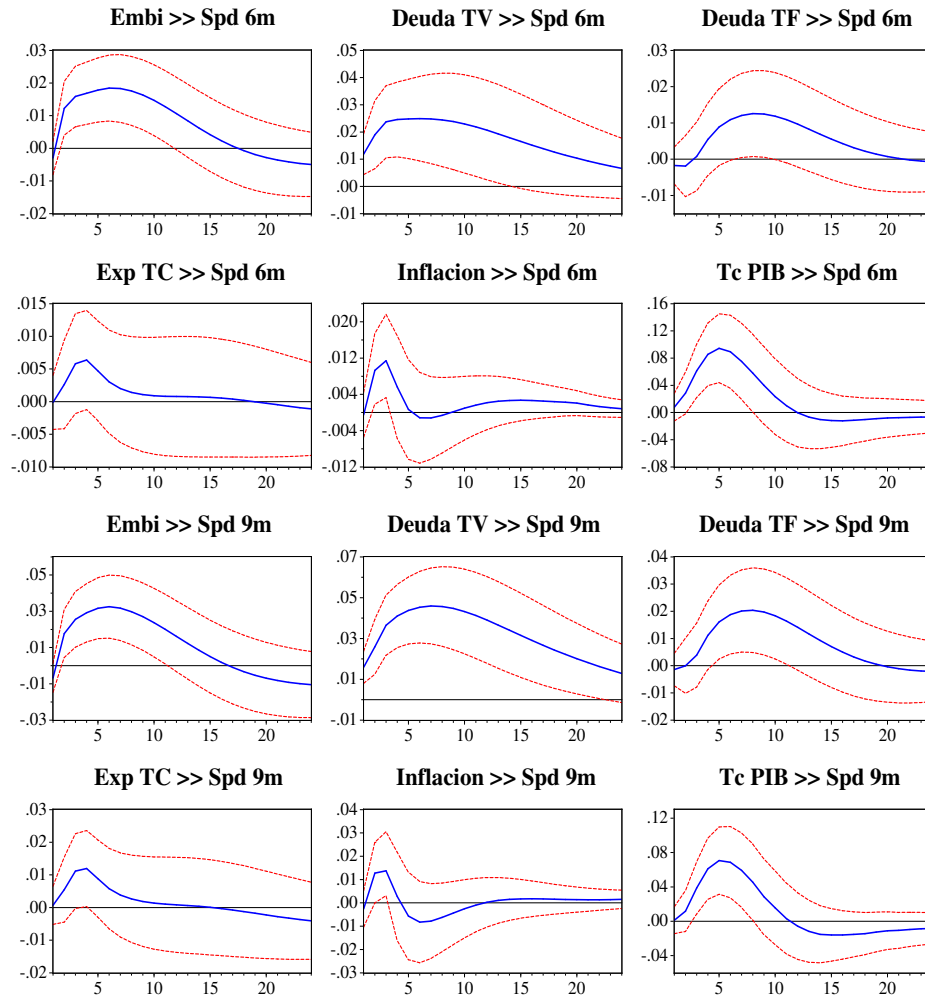
Los gráficos 11, 12 y 13 muestran las funciones de impulso respuesta de los spread para los diferentes tramos de la ETTI que se obtuvieron de la estimación de los modelos *VAR-X*. Se estiman efectos positivos de la deuda pública sobre la ETTI; en particular, se observa que una perturbación de una desviación estándar de la deuda a tasa variable tiene un efecto positivo y significativo al impacto y rezagado sobre los spreads de los títulos a todos los plazos de la curva, y su magnitud aumenta conforme se incrementa el plazo. En contraste, el impacto de la deuda a tasa fija es positivo, significativo, pero rezagado, en especial sobre los spread de los tramos de largo plazo, generando un empinamiento de la curva ETTI. Es de notar que, al igual que en los resultados de los modelos univariados, el impacto sobre los spread por la emisión de títulos a tasa fija es mayor en los tramos de largo plazo de la ETTI, en comparación con los títulos a tasa variable. Estos resultados corroboran lo que ha argumentado la literatura, que las tasas de interés de corto y largo plazos se ven afectadas por los cambios en las expectativas de mercado que surgen como consecuencia de un aumento en la emisión de títulos de deuda pública (Evans, 1985; Hoelscher, 1986; Raymond Bara y Mauleón Torres, 1997; Aisen y Hauner, 2013).

La respuesta de los spread ante un choque del EMBI es negativo, pero no significativo al impacto, pero luego positivo y significativo para los spread de los títulos a corto plazo. Por el contrario, para los títulos de más largo plazo, su efecto es negativo y significativo al impacto, pero luego de unos meses su impacto se vuelve positivo y alcanza un mayor nivel en los nodos de más largo plazo. Como se concluyó antes, los agentes requieren una mayor tasa de interés por el mayor riesgo que asumen sus

y se explica su metodología de estimación.

inversiones de más largo plazo.

Gráfico 11: Funciones impulso respuesta ante una perturbación de una desviación estándar en las variables del sistema sobre el *spread* a 6 y 9 meses

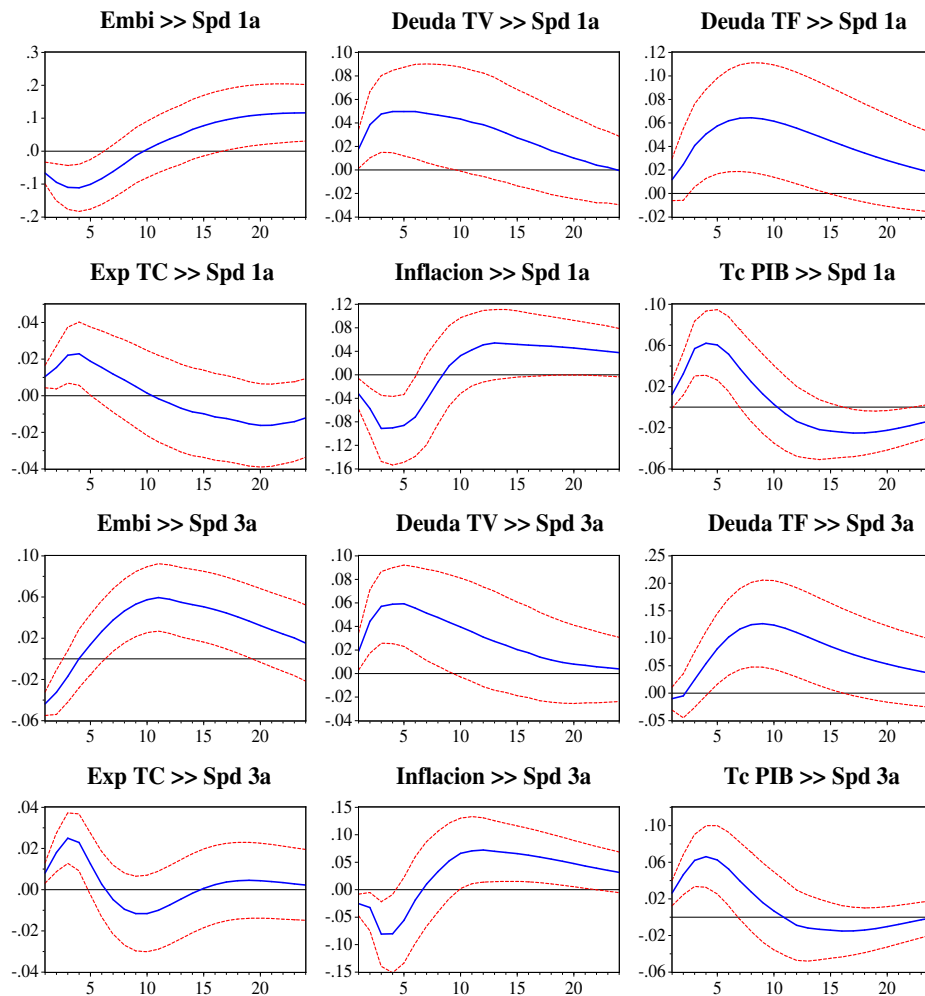


Fuente: estimaciones propias. La línea sólida muestra la función de impulso respuesta de los *spread* ante choque positivo de una desviación estándar de las innovaciones estructurales de las variables del sistema, mientras que las líneas punteadas representan los intervalos de confianza (± 2 S.E.). El eje X es el horizonte de pronóstico, mientras que el eje Y muestra el nivel de respuesta medido en desviaciones estándar.

El impacto de las innovaciones de las expectativas de la tasa de cambio sobre el *spread* de la ETTI también es positivo y significativo para el tramo de largo plazo, es decir, un cambio de las expectativas de devaluación genera un empinamiento de la curva de rendimientos. En particular, la función de impulso respuesta muestra que para los *spread* de los títulos a 3, 5 y 10 el efecto tarda alrededor de 5 a 8 meses. Este comportamiento puede ser explicado de dos razones: la primera, por el incremento en las expectativas sobre el crecimiento económico consecuencia del posible fortalecimiento del balance

en cuenta corriente, resultante de la depreciación del peso³⁵. La segunda, por los incentivos que tienen los inversionistas de colocar su capital en el exterior para obtener mayores beneficios en el futuro ante la mayor depreciación del peso. Esto ocasiona una disminución en la demanda por títulos de deuda locales, generando una reducción de su precio y por tanto, un incremento en la tasa de interés.

Gráfico 12: **Funciones impulso respuesta ante una perturbación de una desviación estándar en las variables del sistema sobre el *spread* a 1 y 3 años**



Fuente: estimaciones propias. La línea sólida muestra la función de impulso respuesta de los *spread* ante choque positivo de una desviación estándar de las innovaciones estructurales de las variables del sistema, mientras que las líneas punteadas representan los intervalos de confianza (± 2 S.E.). El eje X es el horizonte de pronóstico, mientras que el eje Y muestra el nivel de respuesta medido en desviaciones estándar.

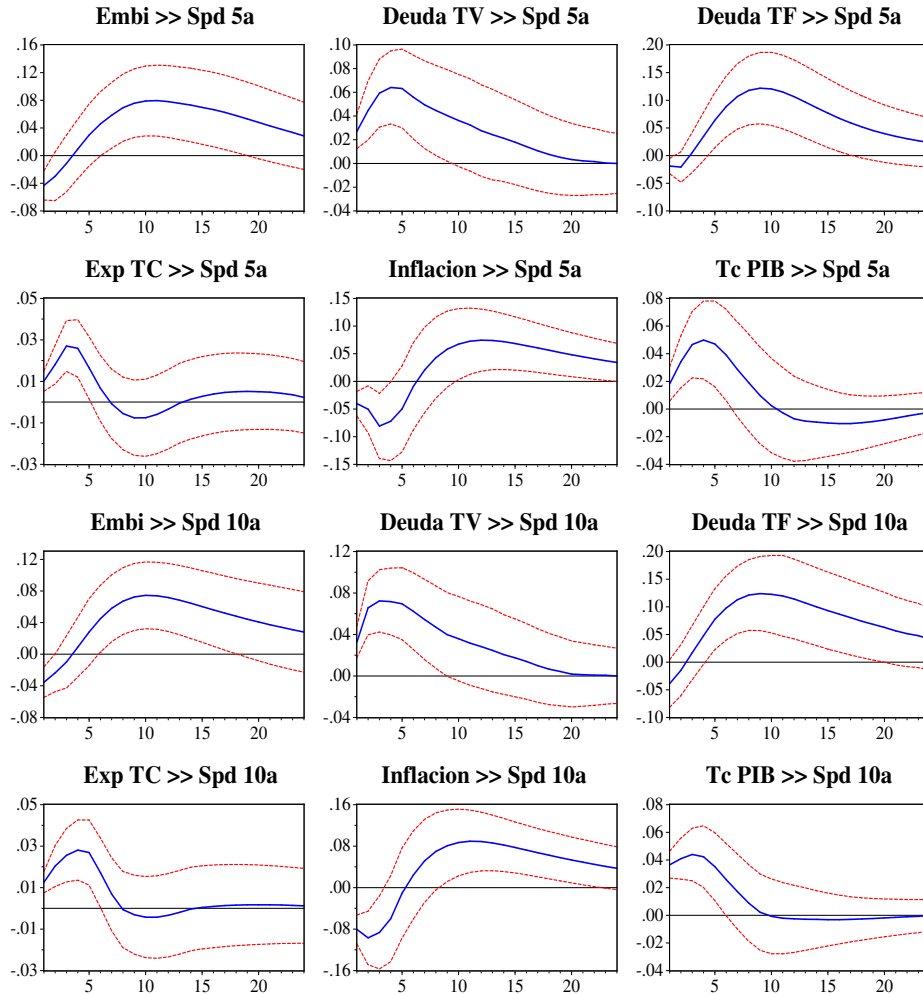
³⁵El canal de trasmisión que vincula la tasa de cambio con la inversión, el empleo y el crecimiento económico en Colombia, ha sido estudiado por varios autores, quienes sostienen que la devolución y/o apreciación del tipo de cambio ejerce un efecto positivo (negativo) sobre la competitividad de la industria nacional, sobre la demanda agregada y sobre el producto (Echavarría y Arbelaez, 2005; Sierra y Manrique, 2014).

Las innovaciones de la inflación tienen un efecto positivo sobre los spread de los títulos de los tramos de corto plazo, y negativo sobre los de largo plazo. Esto sugiere que la inflación presiona al alza las tasas de interés de corto plazo, lo cual inclina la pendiente de la curva ETTI y genera un comportamiento negativo de los spread de su tramo de largo plazo. Como lo explican Melo Becerra et al. (2013), este fenómeno es transitorio mientras se ajustan las tasas de interés de los bonos del gobierno a largo plazo; después de ello, el efecto se torna positivo, corroborando los resultados y análisis teóricos propuestos en la literatura. Por tanto, cuando la inflación comienza a aumentar, el banco central reacciona e incrementa la tasa de interés de política, movimiento que se reflejará, con algún rezago, sobre las tasas de interés del mercado, incluida las tasas de rendimiento de los títulos de deuda pública en el corto plazo³⁶. Por otro lado, en el largo plazo, y en un escenario de credibilidad de la política monetaria, se espera que se disminuyan las expectativas de inflación del mercado.

Por último, pero no menos importante, una innovación sobre el crecimiento del producto tiene dos efectos representativos sobre el spread: *i*) un cambio positivo en los primeros 10 meses luego del choque para cada tramo de la curva ETTI, excepto para el tramo más corto, que actúa con un rezago de cerca de dos meses. El comportamiento de corto plazo puede ser explicado por el efecto de las mejores condiciones económicas y, en el largo plazo, por el incremento de las expectativas de crecimiento de los agentes ante un incremento del producto actual. *ii*) Si bien el efecto es positivo, las magnitudes del impacto disminuyen conforme aumenta el plazo de los títulos, por lo que se concluye que el aumento del producto afecta en mayor medida los tramos de mediano y corto plazo. Este resultado puede ser atribuido a las expectativas de los agentes con relación a lo posible cambio de postura monetaria por parte del banco central, ya que un crecimiento de la actividad económica en el futuro puede inducir un incremento de la tasa de interés de política, con el fin de contrarrestar las presiones inflacionarias. Así, los agentes anticipan el alza de las tasas de interés del mercado y, por tanto, el crecimiento del producto tendrá un menor impacto sobre las tasas de interés y los spread de largo plazo.

³⁶Arango et al. (2006) analizan los efectos de los movimientos de las tasas de intervención del Banco de la República en la estructura a plazo, y encuentran que las decisiones de política monetaria inciden en el comportamiento de las tasas de retorno de los títulos de deuda pública. Este resultado es explicado como un efecto de la credibilidad de la autoridad monetaria en el mercado, ya que los agentes anticipan las medidas que serán adoptadas.

Gráfico 13: Funciones impulso respuesta ante una perturbación de una desviación estándar en las variables del sistema sobre el *spread* a 5 y 10 años



Fuente: estimaciones propias. La línea sólida muestra la función de impulso respuesta de los *spread* ante choque positivo de una desviación estándar de las innovaciones estructurales de las variables del sistema, mientras que las líneas punteadas representan los intervalos de confianza (± 2 S.E.). El eje X es el horizonte de pronóstico, mientras que el eje Y muestra el nivel de respuesta medido en desviaciones estándar.

6.2.3 Descomposición histórica de choques

Como un ejercicio final, a continuación se presenta y analiza la descomposición histórica (HD) de las perturbaciones para cada uno de los spreads extraídos de la ETTI³⁷. Recuérdese que la HD “es una aproximación a la magnitud de la contribución de cada perturbación [estructural] al valor no predicho de cada una de las variables endógenas en el sistema VAR, para cada momento a lo largo de la muestra” (Rincon-Castro et al., 2017). En otras palabras, y para el caso que atañe a este estudio, la HD permite cuantificar la importancia relativa de choques de las variables endógenas del sistema $VAX-X$ sobre el comportamiento del spread para cada momento del tiempo³⁸.

Para los gráficos 14, 15 y 16, la línea sólida es el spread estimado para cada plazo, descontada su proyección base, y las barras la contribución concerniente de las perturbaciones de las demás variables endógenas del sistema. Por tanto, un valor positivo de una perturbación o choque de cualquiera de las variables del sistema significa que tal perturbación influyó positivamente sobre el respectivo spread en dicho momento del tiempo. Si el valor es negativo, la interpretación es la contraria.

El gráfico 14 muestra las HD del spread a 9 meses. Los resultados permiten concluir que la deuda a tasa fija no tiene un efecto representativo sobre las perturbaciones de spread en el corto plazo; sin embargo, la deuda a tasa variable aunque no es la variable con mayor participación sobre el spread, tiene un efecto coherente con los resultados anteriores. En los periodos comprendidos entre 2004 a 2006, 2010 a 2011 y 2017 donde se observó una caída de la deuda a tasa variable, la HD muestran un efecto negativo sobre el spread; así mismo en periodos de crecimiento como los observados entre 2009 a 2010, en 2012 y 2015, la deuda a tasa variable tuvo un efecto positivo.

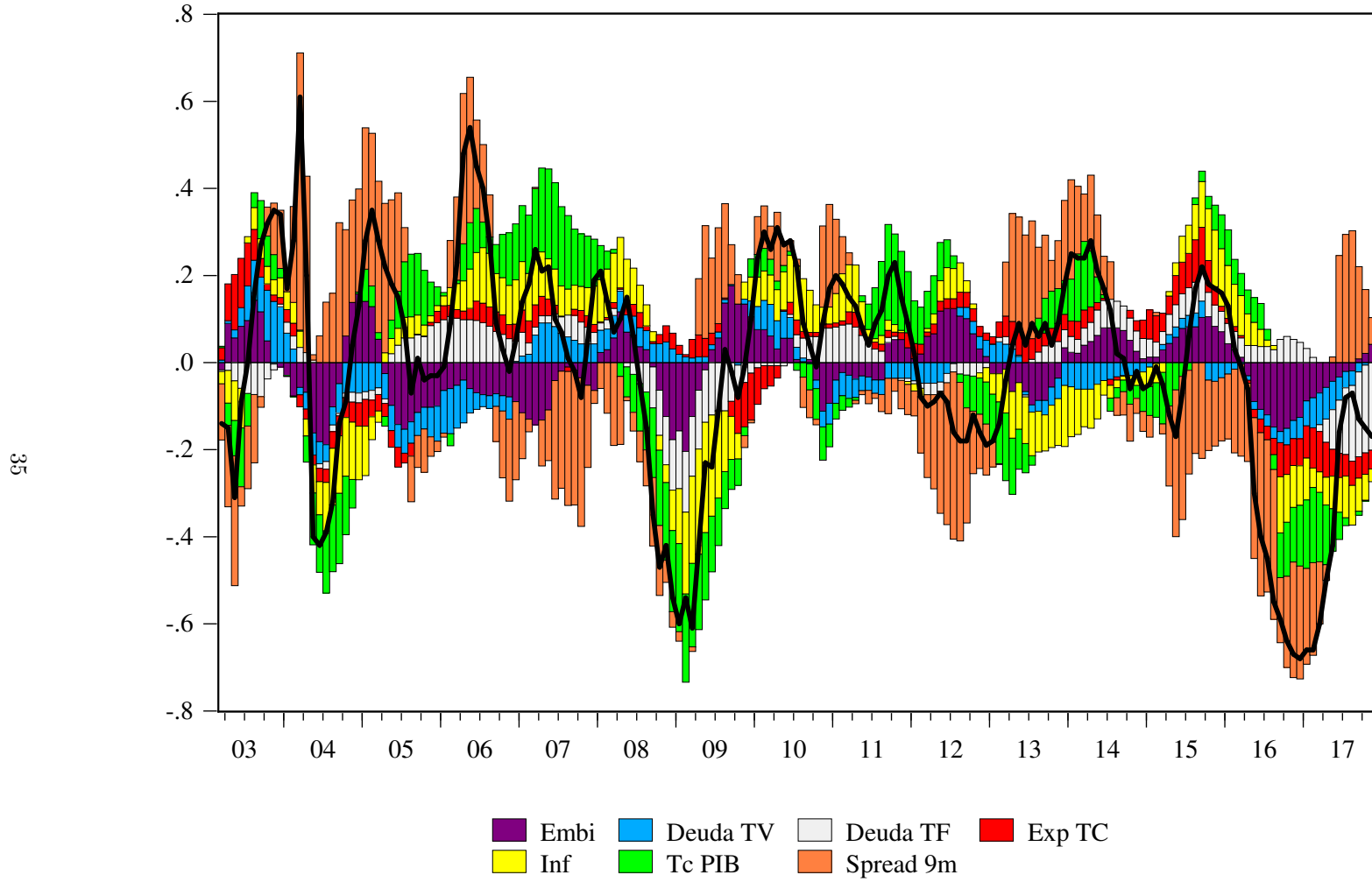
De acuerdo al gráfico los choques de $TcPIB$ y π son quienes ejercen la mayor influencia sobre el comportamiento del spread de corto plazo. En particular, se observa que las perturbaciones de la inflación presionaron el spread al alza en los periodos de crecimiento del nivel de precios registrados entre mayo de 2006 y agosto de 2008 (4%), febrero de 2010 y octubre de 2011 (2%) y octubre de 2013 y marzo de 2016 (6.1%); lo contrario ocurrió en los periodos donde se presentó una disminución de la inflación³⁹. Como se mencionó anteriormente, este comportamiento es coherente con decisiones que tomó la autoridad monetaria, ya que periodos en los que se observó un crecimiento del nivel de precios, fueron acompañados por un incremento de la tasa de interés de política, afectando las tasas de interés de corto plazo y por tanto al spread.

³⁷En palabras de Kilian y Lutkepohl (2017), la descomposición de la varianza del error de pronóstico y las funciones de impulso respuesta, como se analizaron en la subsección anterior, describen los movimientos promedio de los datos, es decir, representan expectativas no condicionadas. En contraste, las HD cuantifican qué tanto el efecto acumulado de una perturbación de una variable de un sistema VAR explica las fluctuaciones observadas de otra (s) variable (s) en cada momento dado del tiempo.

³⁸Para un mayor detalle de la estructura matemática y estadística empleada para construir la descomposición histórica ver Ocampo y Rodríguez (2011).

³⁹El desenso de la inflación tuvo lugar en los periodos comprendidos entre septiembre de 2008 y enero de 2010 (-5.4%), noviembre de 2011 y enero de 2013 (-2%) y julio de 2016 y junio de 2017 (-5%).

Gráfico 14: Descomposición histórica para el *spread* a 9 meses



Fuente: cálculo de los autores

Por su parte, las perturbaciones de $TcPIB$ presionan al alza el spread de los títulos de corto plazo en los periodos de aceleración crecimiento económico, como los registrados entre el cuarto trimestre de 2005 y el primer trimestre de 2007, el tercer trimestre de 2010 y el tercer trimestre de 2011, el primer trimestre de 2013 y el primer trimestre de 2014. Por otro lado, lo presionan a la baja en los periodos de desaceleración económica, como los ocurridos entre el primer trimestre de 2007 y el cuarto trimestre de 2008, el tercer trimestre de 2011 y el tercer trimestre de 2012, el primer trimestre de 2014 y el primer trimestre de 2015, y durante el 2016. Este comportamiento es consistente con los resultados obtenidos a partir de las funciones de impulso respuesta, en donde se encontró que la variable $TcPIB$ ejerce un efecto positivo sobre el spread en el corto plazo.

En términos generales, se puede observar que antes de la crisis de 2008 las perturbaciones de la deuda a tasa fija, al crecimiento económico y la inflación presionaron el spread al alza⁴⁰. Por el contrario, las perturbaciones del EMBI y, en menor medida, de la deuda a tasa variable presionaron el spread a la baja. En cuanto a los años de mayor caída del spread, 2008 y 2016, se observa que las perturbaciones de $TcPIB$, π , $tcTF$ y $Embi$ fueron quienes más contribuyeron a dicho comportamiento. Para los demás períodos de la muestra, no se puede identificar con total claridad el efecto de las demás variables en el comportamiento del spread.

Ahora, las perturbaciones de las variables $TcPIB$, $Embi$, $tcTF$, y $expTC$ son las que explican en mayor medida los spread de los títulos a 1, 3, 5 y 10 años (gráficos 15 y 16). Las perturbaciones de la deuda pública emitida a tasa fija presionan el spread al alza, especialmente en los periodos de mayor crecimiento de esta variable, ocurridos entre noviembre de 2004 a noviembre de 2005 (32%), agosto de 2008 a diciembre 2010 (34%) y septiembre de 2012 a junio de 2014 (20%). Lo contrario se observa en los periodos de reducción en su crecimiento, observados entre diciembre de 2005 y marzo de 2007 (1.5%) y entre enero de 2011 y agosto de 2012 (2.7%).

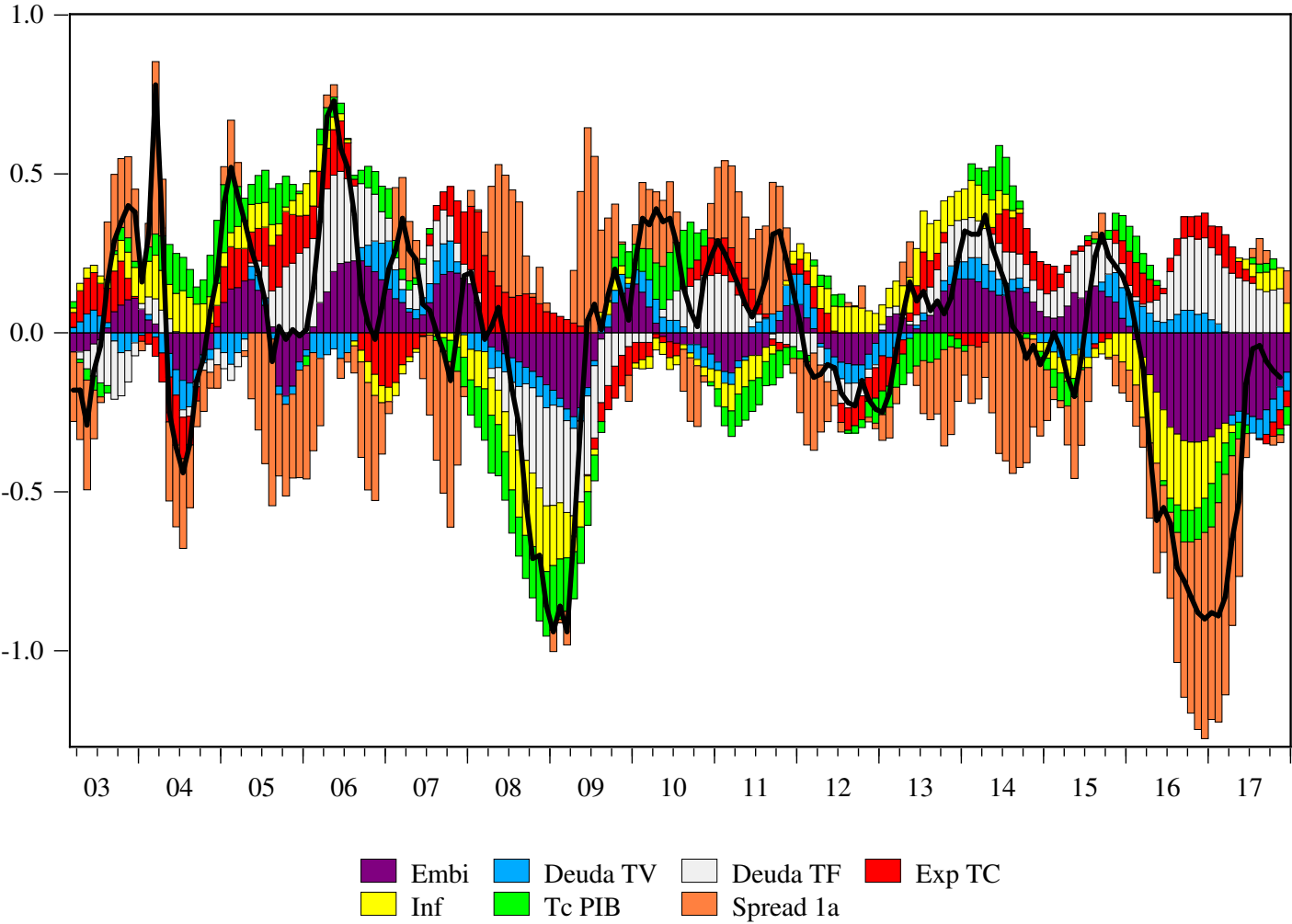
Las perturbaciones del crecimiento $TcPIB$ presionan el spread de los títulos de largo plazo a la baja en los periodos de mayor crecimiento económico. Es decir, el aumento en las tasas de interés de los títulos del gobierno producto de las mejores condiciones económicas ocurren en mayor medida en el corto plazo. El $Embi$ por su parte, contribuyó en buena medida a la caída del spread en los periodos de 2008-2009 y 2016-2017. Así mismo, se puede observar que el incremento de esta variable en el año 2006 y 2015 presionaron al alza del spread y lo contrario ocurrió en 2004 y 2016 a 2017⁴¹.

Por su parte, los choques sobre las expectativas de la tasa de cambio corroboran la relación positiva con las tasas de interés de largo plazo, ya que en los periodos de alta depreciación, como los registrados entre febrero de 2006 y julio de 2006 (12%), abril de 2008 y marzo de 2009 (43%) y entre julio de 2014 y septiembre de 2015 (62%), se generó un incremento en el spread, contrario a lo ocurrido en los periodos de apreciación, observados entre marzo 2003 y octubre 2005 (-12.4%), agosto 2006 y julio 2007 (-18%), abril 2009 y marzo 2010 (-14%) y entre febrero de 2016 y febrero de 2017 (-13%). Por último, las perturbaciones a las variables π y $tcTV$ no mostraron un efecto representativo.

⁴⁰Entre los años 2003 y 2006, la deuda a tasa fija se incremento de 3,5% a 16,1%.

⁴¹Entre enero de 2016 y diciembre de 2017, el Embi cayó en 200 puntos.

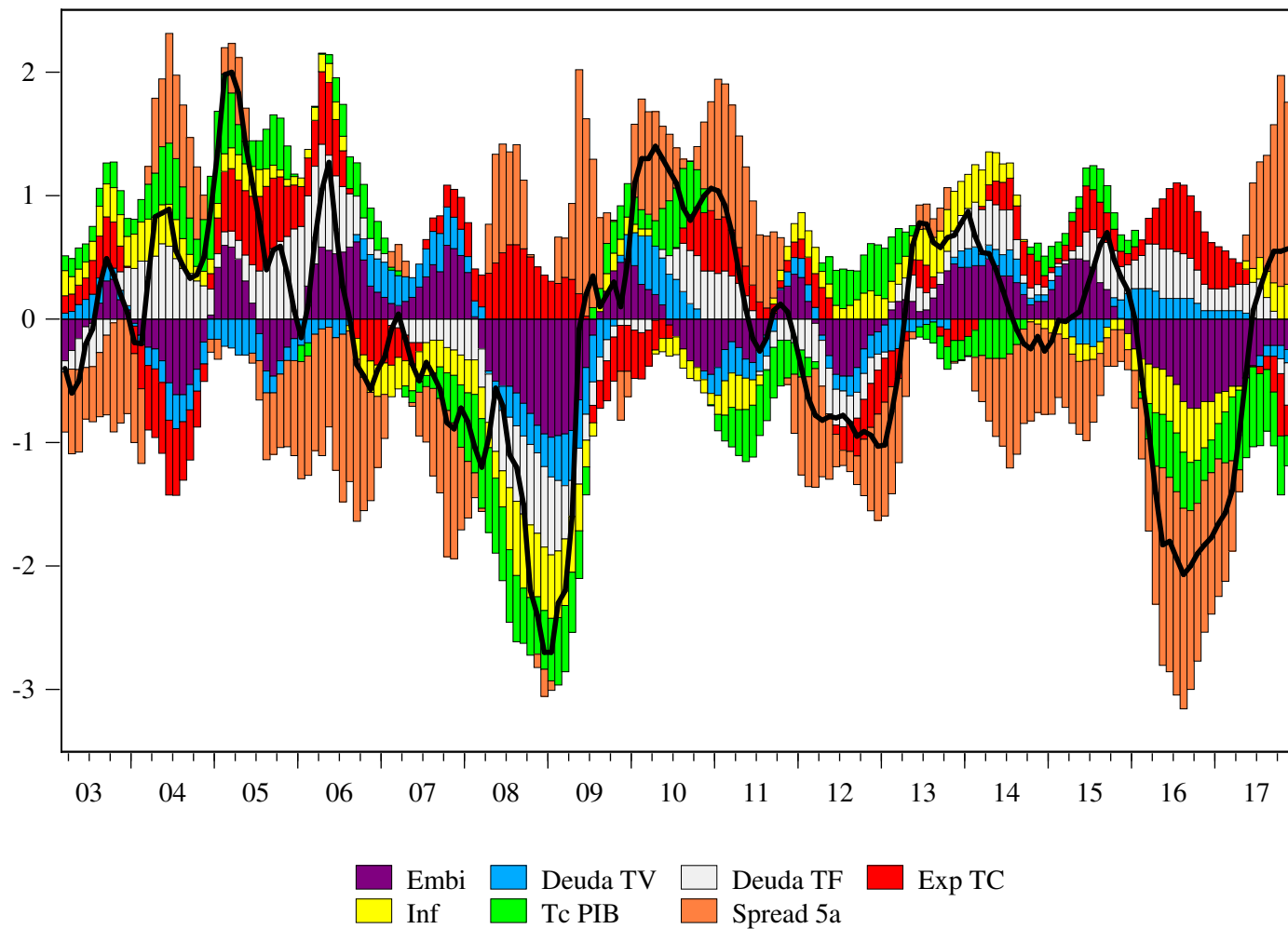
Gráfico 15: Descomposición histórica para el *spread* a 1 año



37

Fuente: cálculo de los autores

Gráfico 16: Descomposición histórica para el *spread* a 5 años



38

Fuente: cálculo de los autores

7 Conclusiones y recomendaciones

Este documento analiza la hipótesis que plantea que las acciones de política fiscal, más allá de los impactos nominales, reales o de expectativas sobre la economía, también inducen una respuesta de los mercados financieros, que se refleja en el comportamiento de la pendiente o spread de la curva de la estructura a plazos de las tasas de interés o curva rendimientos (ETTI). Con esta hipótesis en mente, el objetivo del documento consistió en evaluar y analizar el efecto que tiene la deuda pública del gobierno colombiano, emitida a tasa fija y tasa variable, sobre el spread de la curva ETTI para el periodo 2003-2017. Con el fin de cumplir este objetivo, el estudio estimó primero el spread de la curva de rendimientos a diferentes plazos, mediante un modelo de estado-espacio. Luego, estimó el efecto de la deuda pública sobre el spread, para lo cual utilizó modelos de series de tiempo univariados y multivariados, en particular, un modelo de vectores autoregresivos con variables exógenas (*VAR-X*).

Los resultados indican que la deuda del gobierno a tasa variable, lo mismo que las condiciones macroeconómicas locales como inflación, la tasa de crecimiento de la actividad económica y externas como el riesgo internacional, son las que mayor influencia tienen sobre el comportamiento del spread de los títulos de deuda pública en el corto plazo. Así mismo, la deuda del gobierno emitida a tasa fija, el riesgo soberano local, las expectativas sobre la tasa de cambio y el spread de los títulos del Tesoro de Estados Unidos son las que más impactan los spread de largo plazo.

La descomposición histórica de perturbaciones del spread para los distintos tramos de la curva de rendimientos revela que las perturbaciones de la deuda del gobierno a tasa variable, inflación y el crecimiento de la actividad económica son las que mayor influencia tuvieron sobre el comportamiento de los spread de corto plazo entre los años 2003 y 2017. De otro lado, las perturbaciones de la deuda del gobierno, del EMBI, de las expectativas de depreciación del peso y de la deuda a tasa fija fueron los que más explicaron las variaciones de los spread de largo plazo.

La implicación de política fiscal más importante que se deriva del estudio es la necesidad de reforzar el saneamiento fiscal y establecer estrategias que limiten el impacto de sus decisiones de endeudamiento sobre el comportamiento del mercado financiero y la actividad económica. Como se mostró en el documento, un aumento en la emisión de deuda por parte del gobierno tiene un efecto positivo sobre las tasas de interés de largo plazo, por lo cual, un manejo no responsable de las finanzas públicas pueden limitar la inversión y el consumo privados, afectar negativamente la rentabilidad y estabilidad del sistema financiero, alterar la inflación y las expectativas de crecimiento económico, comprometer el accionar de la autoridad monetaria y aumentar en el costo de la deuda para el gobierno y el sector privado, perjudicando sus mismas finanzas fiscal y la estabilidad macroeconómica.

La metodología desarrollada en este documento puede ser extendida en diferentes direcciones. Una de ellas comprende la evaluación y análisis de la volatilidad de los spread con variables financieras de menor frecuencia. Otra consiste en determinar el efecto de los cambios de la ETTI sobre la rentabilidad y estabilidad del sistema financiero. Una última es estudiar el impacto de la participación de los fondos de capital extranjero sobre el comportamiento ETTI.

References

- Abril, J. C. (1997). *Análisis de Series de Tiempo basado en Modelos de Espacio de Estado*. Number EUDEBA, Buenos Aires.
- Abril, J. C. (2010). *Modelos para el Análisis de las Series de Tiempo*. Consejo na edition.
- Afonso, A. (2010). Long-term government bond yields and economic forecasts: evidence for the EU. *Applied Economics Letters*, 17(15):1437–1441.
- Afonso, A. y Martins, M. (2012). Level, slope, curvature of the sovereign yield curve, and fiscal behaviour. *Journal of Banking and Finance*, 36(6):1789–1807.
- Aisen, A. y Hauner, D. (2013). Budget deficits and interest rates: A fresh perspective. *Applied Economics*, 45(17):2501–2510.
- Albrieu, R. y Fanelli, J. M. (2009). América Latina frente a la crisis internacional: el desafío de la recuperación. *Centro de Estudios de Estado y Sociedad (CEDES)*.
- Ang, A. y Piazzesi, M. (2003). A no-arbitrage vector autoregression of term structure dynamics with macroeconomic and latent variables. *Journal of Monetary Economics*, 50(4):745–787.
- Arango, L. y Arosemena, M. A. (2003). El Tramo Corto de la Estructura a Plazo como predictor de Expectativas de Inflación en Colombia. Borradores de economía, Banco de la Republica de Colombia.
- Arango, L. y Florez, L. (2005). Tramo Corto de la Curva de Rendimientos, Cambio de Régimen Inflacionario y Expectativas de Inflación en Colombia. Borradores de economía, Banco de la Republica de Colombia.
- Arango, L., Florez, L., y Arosemena, A. M. (2004). El Tramo Corto de la Estructura a Plazo como Predictor de Expectativas de la Actividad Económica en Colombia. Borradores de economía, Banco de la Republica de Colombia.
- Arango, L., Gonzalez, A., León Díaz, J., y Melo-Velandia, L. (2006). Efectos de los cambios en la tasa de intervención del Banco de la República sobre la estructura a plazo. Borradores de economía, Banco de la Republica de Colombia.
- Arango, L., Melo-Velandia, L., y Vásquez, D. (2002). Estimación de la Estructura a Plazo de las Tasas de Interés en Colombia. Borradores de economía, Banco de la Republica de Colombia.
- Ardagna, S. (2009). Financial markets’ behavior around episodes of large changes in the fiscal stance. *European Economic Review*, 53(1):37–55.
- Arora, H. K. y Dua, P. (1995). Long-run equilibrium between budget deficits and long-term interest rates. *International Advances in Economic Research*, 1(1):23–31.

- Aschauer, D. (1989). Does public capital crowd out private capital? *Journal of Monetary Economics*, 24(2):171–188.
- Barnes, B. J. (2008). A cointegrating approach to budget deficits and long-term interest rates. *Applied Economics*, 40(2):127–133.
- Barro, R. (1974). Are Government Bonds Net Wealth? *Journal of Political Economy*, 82(6):1095–1117.
- Barro, R. (1991). World Interest Rates and Investment. NBER Working Papers 3849, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Barro, R. y Sala-i Martin, X. (1990). World Real Interest Rates. NBER Working Papers 3317, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Benigno, P. y Missale, A. (2004). High public debt in currency crises: fundamentals versus signaling effects. *Journal of International Money and Finance*, 23(2):165–188.
- Blanchard, O. (1984). Current and Anticipated Deficits, Interest Rates and Economic Activity. In *European Economic Review 25 No. 1*. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Bovenberg, L. (1988). Long-Term Interest Rates in the United States: An Empirical Analysis. *IMF Staff Papers*, 35(2):382–390.
- Campbell, J. y Ammer, J. (1993). What Moves the Stock and Bond Markets? A Variance Decomposition for Long-Term Asset Returns. *Journal of Finance*, 48(1):3–37.
- Campbell, J. y Shiller, R. (1989). Yield Spreads and Interest Rate Movements: A Bird’s Eye View. NBER Working Papers 3153, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Canzoneri, M., Cumby, R., y Diba, B. (2002). Should the European Central Bank and the Federal Reserve be concerned about fiscal policy? *Proceedings - Economic Policy Symposium - Jackson Hole*, pages 333–389.
- Cebula, R. J. (1997). The impact of net international capital inflows on nominal long-term interest rates in France. *Atlantic Economic Journal*, 25(2):179–190.
- Claeys, P., Moreno, R., y Suriñach, J. (2012). Debt, interest rates, and integration of financial markets. *Economic Modelling*, 29(1):48–59.
- Cochrane, J. H. (2001). *Asset pricing*. Princeton University Press, Princeton [u.a.].
- Cohen, D. y Olivier, G. (1991). The Impact of Forecasts of Budget Deficits on Interest Rates in the United States and Other G7 Countries. *Board of Governors of the Federal Reserve System*.
- Commandeur, J. y Koopman, S. J. (2007). *An Introduction to State Space Time Series Analysis*. Oxford University Press, 1 edition.

- Correia-Nunes, J. y Stemitsiotis, L. (1995). Budget Deficit and Interest Rates: Is There a Link? International Evidence. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 57(4):425–449.
- Cox, C. M. (2008). *Fights-to-Quality: The effects of Market Volatility on Short Term U.S. Treasury Yields*. PhD thesis.
- Culbertson, J. M. (1957). The Term Structure of Interest Rates. *The Quarterly Journal of Economics*, 71(4):485–517.
- da Silva, C. G., de Castro Pires, M. C., y Bittes Terra, F. H. (2014). The effects of public debt management on macroeconomic equilibrium: An analysis of the Brazilian economy. *Economía*, 15(2):174–188.
- Darrat, A. F. (1989). Fiscal Deficits and Long-Term Interest Rates: Further Evidence from Annual Data. *Southern Economic Journal*, 56(2):363–374.
- Echavarría, J. y Arbelaez, M. (2005). Tasa de Cambio y crecimiento Económico en Colombia durante la Última Década. Borradores de economía, BANCO DE LA REPÚBLICA.
- Echavarría, J. y Vásquez, D. (2008). Expectativas, tasa de interés y tasa de cambio: paridad cubierta y no cubierta en Colombia, 2000-2007. *Ensayos sobre Política Económica*.
- Edwards, S. y Khan, M. S. (1985). Determinación de los tipos de interés en los países en desarrollo: Un marco conceptual. *Staff Papers*, 32(3):377–403.
- Elmendorf, D. W. y Reifschneider, D. L. (2002). Short-Run Effects of Fiscal Policy With Forward-Looking Financial Markets. *National Tax Journal*, 55(3):357–386.
- Engen, E. M. y Hubbard, R. (2004). Federal Government Debt and Interest Rates. NBER Working Papers 10681, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Estrella, A. (2005). Why Does the Yield Curve Predict Output and Inflation? *Economic Journal*, 115(505):722–744.
- Estrella, A. y Trubin, M. R. (2006). The yield curve as a leading indicator: some practical issues. *Current Issues in Economics and Finance*, 12(Jul):5.
- Evans, C. y Marshall, D. (2007). Economic determinants of the nominal treasury yield curve. *Journal of Monetary Economics*, 54(7):1986–2003.
- Evans, M. D. D. y Lewis, K. K. (1994). Do stationary risk premia explain it all? *Journal of Monetary Economics*, 33(2):285–318.
- Evans, P. (1985). Do Large Deficits Produce High Interest Rates? *The American Economic Review*, 75(1):68–87.

- Evans, P. (1987). Do budget deficits raise nominal interest rates?: Evidence from six countries. *Journal of Monetary Economics*, 20(2):281–300.
- Fama, E. F. (1984). The information in the term structure. *Journal of Financial Economics*, 13(4):509–528.
- Fama, E. F. (1986). Term premiums and default premiums in money markets. *Journal of Financial Economics*, 17(1):175–196.
- Fernández, J. L. y Robles, D. (2005). Teoría de las Expectativas y Cambio Estructural: Nueva Evidencia en los tipos a Corto Plazo Españoles. (Tribuna de Economía No. 827).
- Findlay, D. W. (1990). Budget Deficits Expected Inflation and Short-Term Real Interest Rates: Evidence for the U.S. *International Economic Journal*, 4(3):41–53.
- Fisher, I. (1896). Appreciation and interest. *AEA Publications*, 3(11):331 – 442.
- Fuhrer, J. (1993). Commodity Prices, the Term Structure of Interest Rates and Exchange Rates: Useful Indicators for Monetary Policy. Technical report, Federal Reserve Bank of Boston.
- Gale, W. y Orszag, P. (2004). Budget Deficits, National Saving, and Interest Rates. *Brookings Papers on Economic Activity*, 35(2):101–210.
- García, A. y Ramajo, J. (2005). Fiscal policy and private consumption behaviour: The Spanish case. *Empirical Economics*, 30(1):115–135.
- Gómez, V. (2016). *Multivariate Time Series With Linear State Space Structure*. Springer.
- Goodfriend, M. (1998). Using the term structure of interest rates for monetary policy. *Economic Quarterly*, (Sum):13–30.
- Granger, C. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica*, 37(3):424–438.
- Greenwood, R. y Vayanos, D. (2014). Bond supply and excess bond returns. *Review of Financial Studies*, 27(3):663–713.
- Guarín López, A., Moreno Gutiérrez, J., y Vargas-Herrera, H. (2014). An empirical analysis of the relationship between US and Colombian long-term sovereign bond yields. In Settlements, B. f. I., editor, *The transmission of unconventional monetary policy to the emerging markets*, volume 78, pages 129–158. Bank for International Settlements.
- Guillén, d. C. y Tabak (2009). Characterising the Brazilian term structure of interest rates. *International Journal of Monetary Economics and Finance*, 2(2):103–114.
- Gupta, K. L. (1989). Budget Deficits and Interest Rates in the United States. *Public Choice*, 60(1):87–92.

- Harvey, A. (1989). *Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter*. Number Cambridge University. Cambridge University Press.
- Harvey, C. (1988). The real term structure and consumption growth. *Journal of Financial Economics*, 22(2):305–333.
- Hicks, J. R. (1939). *Value and Capital*. Oxford University Press Oxford.
- Hoelscher, G. (1986). New Evidence on Deficits and Interest Rates. *Journal of Money, Credit and Banking*, 18(1):1–17.
- Hoelscher, G. P. (1983). Federal Borrowing and Short Term Interest Rates. *Southern Economic Journal*, 50(2):319–333.
- Hu, Z. (1993). The Yield Curve and Real Activity. *IMF Staff Papers*, 40(4):781–806.
- Izquierdo, A. y Talvi, E. (2011). One Region, Two Speeds? Challenges of the New Global Economic Order for Latin America and the Caribbean.
- Kameda, K. (2014). Budget deficits, government debt, and long-term interest rates in Japan. *Journal of the Japanese and International Economies*, 32:105–124.
- Kessel, R. A. (1965). *The Cyclical Behavior of the Term Structure of Interest Rates*. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Kiani, K. M. (2009). Federal budget deficits and long-term interest rates in USA. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 49(1):74–84.
- Kilian, L. y Lutkepohl, H. (2017). *Structural Vector Autoregressive Analysis*. Themes in Modern Econometrics. Cambridge University Press.
- Kim, K. y Limpaphayom, P. (1997). The effect of economic regimes on the relation between term structure and real activity in Japan. *Journal of Economics and Business*, 49(4):379–392.
- Koopman, S. J. (1997). Exact initial Kalman filter and smoother for non-stationary time series models. *Journal of the American Statistical Association*, 92:1630–1638.
- Koopman, S. J. y Durbin, J. (2003). Filtering and smoothing of state vector for diffuse state-space models. *Journal of Time Series Analysis*, 24(1):85–98.
- Kormendi, R. (1983). Government Debt, Government Spending, and Private Sector Behavior. *American Economic Review*, 73(5):994–1010.
- Laubach, T. (2009). New Evidence on the Interest Rate Effects of Budget Deficits and Debt. *Journal of the European Economic Association*, 7(4):858–885.
- Lutkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*.

- Lutz, F. A. (1940). The Structure of Interest Rates. *The Quarterly Journal of Economics* 55, pages 36–63.
- Macaulay, F. R. (1938). *Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates, Bond Yields and Stock Prices in the United States since 1856*. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Maya, E. J., Alonso, G. A., y Thomas, J. C. (2016). Situación de la Deuda Pública 2016. *Contraloría General de la República*.
- McMillin, W. (1986). Federal deficits and short-term interest rates. *Journal of Macroeconomics*, 8(4):403 – 422.
- Melo Becerra, L., Ramos Forero, J., y Zárata Solano, H. (2013). Sovereign bond markets and financial stability in an emerging economy: an application of directed acyclic graphs and SVAR models. *Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies*, 8(3):306–319.
- Miles, D. y Wilcox, J. (1991). The Money Transmission Mechanism. *Surveys on Monetary Economics*, pages 225–262.
- Mishkin, F. (1981). Monetary Policy and Short-Term Interest Rates: An Efficient Markets-Rational Expectations Approach. NBER Working Papers 0693, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Modigliani, F. y Sutch, R. (1966). Innovations in Interest Rate Policy. *The American Economic Review*, 56(1/2):178–197.
- Moreno, J., Alejandro M, D., y Sebastián R, J. (2015). Evolución de la relación entre bonos locales y externos del gobierno colombiano frente a choques de riesgo.
- Mukhtar, T. y Zakaria, M. (2008). Budget deficits and interest rates: An empirical analysis for Pakistan. *Journal of Economic Cooperation Among Islamic Countries*, 29(2):1–14.
- Ocampo, S. y Rodríguez, N. (2011). An Introductory Review of a Structural VAR-X Estimation and Applications. Borradores de economía, Banco de la Republica de Colombia.
- Park, C. W. (1999). Maturity structure of public debt and expected bond returns. *Journal of Banking & Finance*, 23(9):1407–1435.
- Pasricha, G. K. (2006). Kalman Filter and its Economic Applications. (University Library of Munich).
- Pesaran, M. y Shin, Y. (1998). Generalized impulse response analysis in linear multivariate models. *Economics Letters*, 58(1):17–29.
- Ramos, J. y Rodríguez, N. (1995). Déficit Fiscal y Tasas de Interés en Colombia. Borradores de economía, Banco de la Republica de Colombia.

- Raymond Bara, J. L. y Mauleón Torres, I. (1997). Ahorro y tipos de interés en los países de la UE. *Papeles de Economía Española*, 70:196–204.
- Reinhart, V. y Sack, B. (2000). The Economic Consequences of Disappearing Government Debt. *Brookings Papers on Economic Activity*, 31(2):163–220.
- Rincon-Castro, H., Rodríguez-Niño, N., y Castro-Pantoja, J. (2017). Perturbaciones macroeconómicas, tasa de cambio y pass-through sobre precios. *Revista de Economía del Rosario*, 20(2):41–71.
- Sangvinatsos, A. (2008). The Expectations Hypothesis. *University of Southern California*.
- Sax, C. y Steiner, P. (2013). Temporal Disaggregation of Time Series. MPRA Paper 53389, University Library of Munich, Germany.
- Shiller, R. y Beltratti, A. E. (1992). Stock prices and bond yields: Can their comovements be explained in terms of present value models? *Journal of Monetary Economics*, 30(1):25–46.
- Sierra, L. P. y Manrique, K. (2014). Impacto del tipo de cambio real en los sectores industriales de Colombia: una primera aproximación. *Revista CEPAL*, 114.
- Sinha, A. (2015). Government debt, learning and the term structure. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 53:268–289.
- Spencer, R. W. y Yohe, W. P. (1971). *A Historical Analysis of the "crowding Out" of Private Expenditures by Fiscal Policy Actions*. Research Department, Federal Reserve Bank of St. Louis, Working Paper. Federal Reserve Bank of St. Louis, Research Department.
- Strauch, R., Paesani, P., y Kremer, M. (2006). Public debt and long-term interest rates: the case of Germany, Italy and the USA. Working Paper Series 656, European Central Bank.
- Trivez, J. (1991). Causalidad de Granger en modelos multivariantes de series temporales. *Estadística Española*, 33(126):165–181.
- Tzavalis, E. y Wickens, M. R. (1997). Explaining the Failures of the Term Spread Models of the Rational Expectations Hypothesis of the Term Structure. *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(3):364–380.
- Wachtel, P. y Young, J. (1987). Deficit Announcements and Interest Rates. *American Economic Review*, 77(5):1007–1012.
- Whaley, R. E. (2000). The Investor Fear Gauge. *The Journal of Portfolio Management*, 26(3):12–17.

Anexos

Anexo 1: Fuentes de información

Variables	Fuente
Tasas cero cupón de los títulos del gobierno a 3, 6, 9, 12, 36, 60 y 120 meses	Banco de la República de Colombia
Tasa de Interés de Referencia	Banco de la República de Colombia
Deuda interna denominada en tasa fija	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Deuda interna denominada en tasa variable	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Inflación	Banco de la República de Colombia
Indicador de Bonos de Mercados Emergentes (Embi)	Bloomberg
Indice de volatilidad del mercado de opciones PUT de Chicago (VIX)	Bloomberg
1-Year Treasury Constant Maturity Rate (FED)	Banco de la Reserva Ferederal de St. Louis
10-Year Treasury Constant Maturity Rate (FED)	Banco de la Reserva Ferederal de St. Louis
Producto Interno Bruto (PIB)	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)
Expectativas de la Tasa de Cambio	Encuesta realizada por el Banco de la República de Colombia

Anexo 2: Estadística descriptiva de las variables seleccionadas

Variables	Mean	Median	Max	Min	Sd. Dev.	Skew	Kurt	JB test
$r_{3m,t}$	6.103	5.872	10.821	1.651	2.141	0.177	-1.077	0.009
$r_{6m,t}$	6.282	5.966	10.366	2.546	2.132	0.270	-1.227	0.001
$r_{9m,t}$	6.468	6.008	10.628	3.238	2.159	0.374	-1.244	0.000
$r_{12m,t}$	6.658	6.041	10.870	3.585	2.198	0.466	-1.205	0.000
$r_{36m,t}$	7.889	6.919	14.978	4.050	2.601	0.781	-0.529	0.000
$r_{60m,t}$	8.651	7.675	16.257	4.434	2.790	0.855	-0.256	0.000
$r_{120m,t}$	9.429	8.707	16.063	5.086	2.758	0.869	-0.295	0.002
i_t	5.882	6.000	10.000	3.000	1.990	0.364	-0.786	0.015
$tcTF_t$	8.750	7.051	32.390	-5.023	7.443	1.128	1.256	0.000
$tcTV_t$	-33.489	-31.643	63.961	-98.236	33.887	0.534	0.779	0.001
π_t	4.651	4.559	8.965	1.760	1.813	0.262	-0.922	0.017
$Embi_t$	250.039	209.500	664.00	120.000	108.027	1.324	1.313	0.000
Vix_t	18.814	16.315	59.890	9.510	8.263	2.114	5.660	0.000
$tcPIB_t$	4.239	4.011	8.208	0.054	1.954	0.090	-0.917	0.044
usa_{1t}	1.437	0.608	5.217	0.097	1.617	1.188	-0.001	0.000
usa_{10t}	3.195	3.186	5.110	1.504	1.047	0.115	-1.366	0.001
$expTC_t$	2.175	-0.874	55.059	-26.192	15.314	1.107	1.011	0.000

Anexo 3 Pruebas de Estacionariedad de las series utilizadas

Variables	ADF		Phillips-Perron	
	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor
<i>spd</i> _{3m,t}	-2.707	0.006 ***	-2.471	0.013 **
<i>spd</i> _{6m,t}	-3.108	0.002 ***	-2.970	0.003 ***
<i>spd</i> _{9m,t}	-3.547	0.000 ***	-3.324	0.001 ***
<i>spd</i> _{12m,t}	-3.662	0.000 ***	-3.456	0.000 ***
<i>spd</i> _{36m,t}	-3.342	0.001 ***	-3.175	0.001 ***
<i>spd</i> _{60m,t}	-2.940	0.003 ***	-2.805	0.005 ***
<i>spd</i> _{120m,t}	-2.132	0.032 ***	-2.215	0.026 ***
<i>i</i> _t	-3.034	0.034 ***	-1.840	0.360
<i>tcTF</i> _t	-2.497	0.118	-3.025	0.035 ***
<i>tcTV</i> _t	-3.147	0.025 ***	-3.084	0.029 ***
<i>π</i> _t	-2.313	0.169	-1.251	0.194
<i>Embi</i> _t	-3.973	0.002 ***	-3.995	0.002 ***
<i>Vix</i> _t	-3.823	0.003 ***	-3.868	0.003 ***
<i>tcPIB</i> _t	-4.519	0.000 ***	-2.296	0.175
<i>spdUSA</i> _t	-1.289	0.181	-1.317	0.173
<i>expTC</i> _t	-2.085	0.036 ***	-3.026	0.003 ***

Para el contraste estadístico se usaron los valores críticos de MacKinnon (1996).

El número de rezagos para el test de Dickey-Fuller (ADF) se hizo con base en el Criterio de Información de Schwarz.

Nivel significancia estadística al 10% (*), 5% (**) y 1% (***).

Anexo 4: Prueba de Robustez de los estimadores de MCO

Cuadro 2: Prueba de Especificación de Ramsey RESET

Variables	<i>spd</i> _{3m,t}		<i>spd</i> _{6m,t}		<i>spd</i> _{6m,t}	
	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor
t - statistic	1.3375	0.1829	2.471	1.3375	2.471	1.3375
F - statistic	1.7891	0.1829	2.970	1.3375	2.970	1.3375
Likelihood ratio	1.9560	0.1619	3.324	1.3375	3.324	1.3375

Variables	<i>spd</i> _{12m,t}		<i>spd</i> _{36m,t}		<i>spd</i> _{60m,t}	
	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor
t - statistic	1.3375	0.1829	2.471	1.3375	2.471	1.3375
F - statistic	1.7891	0.1829	2.970	1.3375	2.970	1.3375
Likelihood ratio	1.9560	0.1619	3.324	1.3375	3.324	1.3375

Variables	<i>spd</i> _{120m,t}	
	Test stats	p-valor
t - statistic	1.3375	0.1829
F - statistic	1.7891	0.1829
Likelihood ratio	1.9560	0.1619

La prueba de Ramsey está diseñada para detectar relaciones no lineales significativas en un modelo de regresión lineal. La hipótesis nula de la prueba de Ramsey dice que el modelo está correctamente especificado.

Nivel significancia estadística al 10% (*), 5% (**) y 1% (***)

Cuadro 3: Prueba de Estacionariedad de los residuales

Variables	ADF		Phillips-Perron	
	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor
<i>res spd</i> _{3m,t}	-4.854	0.000 ***	-4.945	0.000 ***
<i>res spd</i> _{6m,t}	-5.080	0.000 ***	-5.008	0.000 ***
<i>res spd</i> _{9m,t}	-4.885	0.000 ***	-5.130	0.000 ***
<i>res spd</i> _{12m,t}	-5.783	0.000 ***	-5.719	0.000 ***
<i>res spd</i> _{36m,t}	-6.417	0.000 ***	-5.406	0.000 ***
<i>res spd</i> _{60m,t}	-7.322	0.000 ***	-5.293	0.000 ***
<i>res spd</i> _{120m,t}	-7.042	0.000 ***	-5.656	0.000 ***

Para el contraste estadístico se usaron los valores críticos de MacKinnon (1996).

El número de rezagos para el test de Dickey-Fuller (ADF) se hizo con base en el Criterio de Información de Schwarz.

Nivel significancia estadística al 10% (*), 5% (**) y 1% (***)

Cuadro 4: Pruebas de Normalidad de los residuales

Pruebas	<i>spd</i> _{6<i>m</i>,<i>t</i>}		<i>spd</i> _{9<i>m</i>,<i>t</i>}		<i>spd</i> _{12<i>m</i>,<i>t</i>}	
	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor
Skweness test	-0.1294	0.462	0.1056	0.562	0.1026	0.565
Kurtosis test	3.0334	0.928	2.7602	0.480	3.7561	0.030
Jarque-Bera test	0.5025	0.758	0.7532	0.661	4.5279	0.070
Shapiro-Wilk test	0.9946	0.772	0.9959	0.921	0.9884	0.158
Lilliefors test	0.0312	0.943	0.0358	0.835	0.0437	0.559
Shapiro-Francia test	0.9938	0.587	0.9959	0.858	0.9859	0.069
Anderson-Darling test	0.2281	0.810	0.2043	0.873	0.4443	0.282

Pruebas	<i>spd</i> _{36<i>m</i>,<i>t</i>}		<i>spd</i> _{60<i>m</i>,<i>t</i>}		<i>spd</i> _{120<i>m</i>,<i>t</i>}	
	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor	Test stats	p-valor
Skweness test	0.1877	0.294	0.2168	0.218	0.2644	0.132
Kurtosis test	3.3841	0.248	3.1300	0.719	2.9867	0.970
Jarque-Bera test	2.1277	0.297	1.5114	0.416	2.0643	0.302
Shapiro-Wilk test	0.9892	0.199	0.9900	0.256	0.9935	0.627
Lilliefors test	0.0488	0.381	0.0586	0.145	0.0374	0.789
Shapiro-Francia test	0.9867	0.087	0.9884	0.142	0.9939	0.596
Anderson-Darling test	0.5006	0.205	0.5578	0.148	0.2422	0.766

Hipótesis nula para todas las pruebas presentadas es normalidad en los residuales.

Nivel significancia estadística al 10% (*), 5% (**) y 1% (***)

Anexo 5: Prueba de Causalidad de Granger

La noción de causalidad desarrollada por Granger (1969) ha sido de gran importancia tanto en la econometría teórica como aplicada, pues ha dado sustento a una gran diversidad de análisis empíricos. En su versión más simple, la idea central detrás de la definición de causalidad es comprobar si los resultados de una variable sirven para predecir el comportamiento de otra variable, de esta manera, se dice que una variable x causa a una variable y , si al añadir las observaciones pasadas de x a la ecuación de y , se genera un incremento en la capacidad explicativa, en otras palabras, x causa a y si x contribuye a la estimación de y .

Para definir si existe o no causalidad, se debe estimar dos modelos, en donde:

- El modelo no-restringido contiene todas las variables de la regresión.

$$y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i x_{t-i} + \varepsilon_t$$

- El modelo restringido descarta la o las variables analizadas

$$y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{t-i} + \eta_t$$

Posteriormente se compara la suma de residuos al cuadrado de ambos modelos, y por medio de una prueba de significancia grupos basado en los estadísticos de Wald para hipótesis conjuntas, se evalúa la hipótesis nula, que advierte la no causalidad entre las variables seleccionadas.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = \beta_{10} = \beta_{11} = \beta_{12} = \beta_{13} = \beta_{14} = \beta_{15} = \beta_{16} = \beta_{17} = \beta_{18} = \beta_{19} = \beta_{20} = \beta_{21} = \beta_{22} = \beta_{23} = \beta_{24} = \beta_{25} = \beta_{26} = \beta_{27} = \beta_{28} = \beta_{29} = \beta_{30} = \beta_{31} = \beta_{32} = \beta_{33} = \beta_{34} = \beta_{35} = \beta_{36} = \beta_{37} = \beta_{38} = \beta_{39} = \beta_{40} = \beta_{41} = \beta_{42} = \beta_{43} = \beta_{44} = \beta_{45} = \beta_{46} = \beta_{47} = \beta_{48} = \beta_{49} = \beta_{50} = \beta_{51} = \beta_{52} = \beta_{53} = \beta_{54} = \beta_{55} = \beta_{56} = \beta_{57} = \beta_{58} = \beta_{59} = \beta_{60} = \beta_{61} = \beta_{62} = \beta_{63} = \beta_{64} = \beta_{65} = \beta_{66} = \beta_{67} = \beta_{68} = \beta_{69} = \beta_{70} = \beta_{71} = \beta_{72} = \beta_{73} = \beta_{74} = \beta_{75} = \beta_{76} = \beta_{77} = \beta_{78} = \beta_{79} = \beta_{80} = \beta_{81} = \beta_{82} = \beta_{83} = \beta_{84} = \beta_{85} = \beta_{86} = \beta_{87} = \beta_{88} = \beta_{89} = \beta_{90} = \beta_{91} = \beta_{92} = \beta_{93} = \beta_{94} = \beta_{95} = \beta_{96} = \beta_{97} = \beta_{98} = \beta_{99} = \beta_{100} = 0$$

Por tanto, al no rechazar la hipótesis nula se está asumiendo estricta exogeneidad de las variables, es decir, se está asumiendo que una variable explicativa es estadísticamente independiente de los valores de todas las perturbaciones aleatorias del modelo para todos los periodos Sims(1972). En el marco multivariado, el concepto es similar, sin embargo el análisis se construye a partir de un bloque de variables utilizando estructuras vectoriales, el documento de Trivez (1991) explica en mayor detalle la construcción y desarrollo de la prueba de causalidad de Granger para modelos de ecuaciones simultaneas.

Anexo 6: Resultados de las pruebas multivariadas de Causalidad de Granger

Variables	<i>spd</i> _{6m,t}		<i>spd</i> _{9m,t}		<i>spd</i> _{12m,t}	
	Chi-sq	Prob	Chi-sq	Prob	Chi-sq	Prob
<i>Embi</i> _t	17.29145	0.0002	19.67008	0.0001	19.90862	0.0000
<i>tcTV</i> _t	6.978831	0.0305	6.891971	0.0319	7.054755	0.0294
<i>tcTF</i> _t	3.052948	0.2173	3.357907	0.1866	4.665398	0.0970
<i>expTC</i> _t	1.125113	0.5698	1.142857	0.5647	1.202919	0.5480
<i>π</i> _t	6.609577	0.0367	7.976182	0.0185	7.009888	0.0300
<i>tcPIB</i> _t	6.841386	0.0515	5.946859	0.0778	6.099669	0.0570
Total	40.11431	0.0001	42.45654	0.0000	41.98645	0.0001

Variables	<i>spd</i> _{36m,t}		<i>spd</i> _{60m,t}		<i>spd</i> _{120m,t}	
	Chi-sq	Prob	Chi-sq	Prob	Chi-sq	Prob
<i>Embi</i> _t	20.67574	0.0000	17.80249	0.0001	12.377234	0.0034
<i>tcTV</i> _t	6.234355	0.0443	5.652061	0.0611	9.503099	0.0086
<i>tcTF</i> _t	7.317100	0.0258	6.115700	0.0470	4.267139	0.0992
<i>expTC</i> _t	8.012925	0.0182	5.826391	0.0543	12.12207	0.0023
<i>π</i> _t	0.485523	0.7845	0.379596	0.8271	1.073472	0.5847
<i>tcPIB</i> _t	4.527530	0.1068	4.429214	0.1056	6.928760	0.0313
Total	42.04484	0.0000	42.99600	0.0000	43.61561	0.0000

Anexo 7: Descomposición de Varianza

La descomposición de varianza es un método alternativo a la función impulso respuesta que examina, en distintos horizontes del tiempo, el porcentaje de volatilidad del error de pronóstico de una variable consecuencia de sus propios choques y de los choques de las demás variables del sistema; en otras palabras, esta metodología permite identificar qué porcentaje del comportamiento futuro de una variable es atribuido a las otras variables del modelo. Por lo general, la mayor parte de la varianza del error de pronóstico es atribuido a los propios choques, sin embargo, de existir cierto grado de dependencia entre las variables, el comportamiento de una variable puede ser explicado por variaciones de las otras variables del VAR.

Teniendo en cuenta la representación MA de un modelo VAR:

$$y_t = \sum_{i=0}^{\infty} \theta_i \varepsilon_{t-i}$$

para el caso de dos variables, se tiene que:

$$\begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} = \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \theta_{11,i} & \theta_{12,i} \\ \theta_{21,i} & \theta_{22,i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t-i} \\ \varepsilon_{2t-i} \end{bmatrix}$$

por lo tanto, las ecuaciones correspondientes a la primera y segunda variable son:

$$y_{1t} = \varepsilon_{1t} + \theta_{11,1}\varepsilon_{1t-1} + \theta_{12,1}\varepsilon_{2t-1} + \theta_{11,2}\varepsilon_{1t-2} + \theta_{12,2}\varepsilon_{2t-2} + \dots$$

$$y_{2t} = \varepsilon_{2t} + \theta_{21,1}\varepsilon_{1t-1} + \theta_{22,1}\varepsilon_{2t-1} + \theta_{21,2}\varepsilon_{1t-2} + \theta_{22,2}\varepsilon_{2t-2} + \dots$$

La varianza del error de pronóstico de la primera variable un paso adelante es:

$$e_1(1) = y_{t+1} - E_t(y_{t+1})$$

$$y_{1t+1} = \varepsilon_{1t+1} + \theta_{11,1}\varepsilon_{1t} + \theta_{12,1}\varepsilon_{2t} + \theta_{11,2}\varepsilon_{1t-1} + \theta_{12,2}\varepsilon_{2t-1} + \dots$$

$$E_t(y_{1t+1}) = \theta_{11,1}\varepsilon_{1t} + \theta_{12,1}\varepsilon_{2t} + \theta_{11,2}\varepsilon_{1t-1} + \theta_{12,2}\varepsilon_{2t-1} + \dots$$

Luego

$$e_1(1) = \varepsilon_{1t+1}$$

$$Var(e_1(1)) = \sigma_1^2$$

Ahora, la varianza del error de pronóstico de la primera variable dos pasos adelante es:

$$y_{1t+2} = \varepsilon_{1t+2} + \theta_{11,1}\varepsilon_{1t+1} + \theta_{12,1}\varepsilon_{2t+1} + \theta_{11,2}\varepsilon_{1t} + \theta_{12,2}\varepsilon_{2t} + \dots$$

$$E_t(y_{1t+2}) = \theta_{11,2}\varepsilon_{1t} + \theta_{12,2}\varepsilon_{2t} + \dots$$

$$e_1(2) = \varepsilon_{1t+2} + \theta_{11,1}\varepsilon_{1t+1} + \theta_{12,1}\varepsilon_{2t+1}$$

$$Var(e_1(2)) = \sigma_1^2 + \theta_{11,1}^2\sigma_1^2 + \theta_{12,1}^2\sigma_2^2$$

Por lo tanto la descomposición de varianza es:

$$1 = \frac{\sigma_1^2 [1 + \theta_{11,1}^2]}{Var(e_1(2))} + \frac{\theta_{12,1}^2\sigma_2^2}{Var(e_1(2))}$$

de manera similar es el cálculo de la descomposición de varianza h pasos adelante.

Anexo 8: Resultados de la Descomposición de Varianza

Descomposición de varianza del *spread* a 6 meses

Period	S.E.	Embi	tcTV	tcTF	expTC	π	tcPIB	spd 6m
1	23.88	0.271	0.195	0.094	0.000	0.095	4.397	94.946
2	31.61	1.843	0.691	0.077	0.080	0.671	5.843	90.793
3	36.49	3.035	1.095	0.054	0.300	4.362	5.875	85.278
4	40.45	3.995	0.927	0.214	0.467	6.816	7.602	79.977
5	43.81	4.954	0.796	1.565	0.505	9.183	8.164	74.832
6	46.65	5.898	0.753	2.021	0.489	10.892	9.647	70.297
7	49.07	6.762	0.733	2.519	0.466	11.831	11.081	66.605
8	51.16	7.502	0.714	3.017	0.444	12.151	12.451	63.719
9	52.98	8.094	0.691	3.475	0.427	12.084	13.731	61.496
10	54.57	8.527	0.668	3.863	0.413	11.841	14.899	59.787
11	55.96	8.805	0.648	4.169	0.403	11.562	15.938	58.473
12	57.18	8.951	0.632	4.391	0.394	11.321	16.844	57.466
13	58.25	8.991	0.619	4.539	0.388	11.139	17.621	56.700
14	59.19	8.962	0.610	4.629	0.383	11.009	18.281	56.123
15	60.03	8.894	0.604	4.674	0.379	10.920	18.836	55.691
16	60.76	8.813	0.598	4.691	0.376	10.855	19.298	55.367
17	61.40	8.736	0.594	4.687	0.373	10.806	19.682	55.120
18	61.97	8.674	0.590	4.675	0.370	10.766	19.996	54.925
19	62.48	8.634	0.587	4.659	0.368	10.732	20.251	54.767
20	62.94	8.615	0.584	4.642	0.366	10.703	20.454	54.633

Descomposición de varianza del *spread* a 9 meses

Period	S.E.	Embi	tcTV	tcTF	expTC	π	tcPIB	spd 9m
1	23.83	0.586	0.271	0.026	0.006	0.003	3.232	95.876
2	31.44	1.623	0.619	0.009	0.136	0.169	4.175	93.267
3	36.29	2.783	0.756	1.047	0.424	3.132	5.198	86.658
4	40.20	3.857	0.570	1.293	0.615	6.763	5.151	81.748
5	43.46	4.929	0.574	1.687	0.644	8.439	7.061	76.663
6	46.21	5.926	0.663	2.135	0.616	9.688	8.930	72.038
7	49.57	6.769	0.735	2.585	0.580	10.375	10.744	68.209
8	50.62	7.432	0.771	3.007	0.549	10.589	12.462	65.187
9	52.43	7.916	0.779	3.371	0.523	10.508	14.051	62.850
10	54.04	8.230	0.769	3.659	0.503	10.301	15.481	61.054
11	55.46	8.394	0.752	3.867	0.487	10.086	16.740	59.671
12	56.73	8.437	0.734	4.001	0.474	9.919	17.825	58.607
13	57.86	8.396	0.718	4.074	0.463	9.813	18.744	57.790
14	58.86	8.304	0.704	4.102	0.454	9.754	19.515	57.164
15	59.76	8.191	0.692	4.101	0.446	9.727	20.156	56.685
16	60.55	8.081	0.682	4.083	0.440	9.714	20.684	56.312
17	61.26	7.988	0.675	4.058	0.436	9.707	21.116	56.017
18	61.90	7.922	0.668	4.031	0.433	9.701	21.467	55.775
19	62.98	7.885	0.663	4.007	0.432	9.693	21.748	55.569
20	62.98	7.877	0.659	3.986	0.434	9.685	21.969	55.386

Descomposición de varianza del *spread* a 1 año

Period	S.E.	Embi	tcTV	tcTF	expTC	π	tcPIB	spd 12m
1	23.76	0.773	0.061	1.157	1.098	0.686	0.342	95.883
2	31.22	1.424	0.021	1.083	2.295	0.306	0.136	94.735
3	36.05	2.541	0.075	1.933	2.639	1.196	0.299	91.316
4	39.91	3.628	0.326	2.933	2.843	1.291	1.991	86.988
5	43.10	4.659	0.683	3.034	2.869	1.666	4.886	82.204
6	45.77	7.536	1.057	3.176	2.833	2.046	5.643	77.709
7	48.06	8.200	1.406	5.291	2.787	2.318	5.101	73.897
8	50.09	8.654	1.705	7.307	2.746	2.483	6.264	70.841
9	51.89	8.926	1.939	9.171	2.712	2.567	6.226	68.458
10	53.53	9.048	2.102	10.845	2.683	2.598	6.107	66.618
11	55.01	9.051	2.198	12.308	2.659	2.598	5.995	65.191
12	56.34	8.972	2.240	13.554	2.640	2.584	5.936	64.074
13	57.55	8.848	2.242	14.595	2.623	2.564	5.937	63.191
14	58.63	8.710	2.221	15.449	2.610	2.543	5.983	62.485
15	59.62	8.584	2.188	16.140	2.601	2.524	6.053	61.911
16	60.49	8.489	2.154	16.692	2.595	2.507	6.129	61.434
17	61.29	8.435	2.124	17.129	2.594	2.492	6.198	61.028
18	62.01	8.425	2.102	17.468	2.598	2.480	6.257	60.670
19	62.65	8.460	2.087	17.727	2.607	2.470	6.303	60.346
20	63.22	8.533	2.080	17.918	2.623	2.461	6.339	60.046

Descomposición de varianza del *spread* a 3 años

Period	S.E.	Embi	tcTV	tcTF	expTC	π	tcPIB	spd 36m
1	24.11	0.643	1.524	0.348	6.813	0.319	2.623	87.731
2	31.56	0.282	1.565	0.131	2.245	0.724	2.861	92.192
3	36.50	0.652	1.671	0.390	1.217	1.143	2.629	92.299
4	40.51	1.836	1.637	1.252	1.220	1.760	2.325	89.971
5	43.81	3.293	1.529	2.623	1.632	2.333	2.099	86.492
6	46.51	4.546	1.436	4.348	2.114	2.789	1.985	82.781
7	48.74	5.464	1.380	6.261	2.484	3.112	1.983	79.317
8	50.65	6.066	1.361	8.198	2.681	3.305	2.092	76.298
9	52.30	6.418	1.370	10.028	2.719	3.384	2.312	73.769
10	53.78	6.593	1.403	11.658	2.651	3.374	2.637	71.684
11	55.11	6.652	1.452	13.041	2.541	3.307	3.045	69.961
12	56.31	6.642	1.515	14.163	2.450	3.211	3.504	68.516
13	57.41	6.594	1.589	15.037	2.418	3.111	3.976	67.275
14	58.40	6.527	1.673	15.694	2.469	3.024	4.428	66.185
15	59.30	6.453	1.769	16.171	2.606	2.957	4.834	65.210
16	60.11	6.378	1.875	16.505	2.822	2.915	5.181	64.324
17	60.83	6.306	1.992	16.730	3.100	2.895	5.466	63.511
18	61.48	6.239	2.121	16.873	3.423	2.892	5.692	62.760
19	62.05	6.176	2.261	16.956	3.775	2.902	5.867	62.063
20	62.56	6.118	2.410	16.996	4.140	2.919	6.001	61.416

Descomposición de varianza del *spread* a 5 años

Period	S.E.	Embi	tcTV	tcTF	expTC	π	tcPIB	spd 60m
1	24.27	0.544	0.485	3.278	10.618	3.363	1.044	80.668
2	31.86	0.922	0.935	3.846	5.392	3.170	0.654	85.081
3	36.89	2.106	1.283	4.038	3.239	3.016	0.330	85.988
4	41.01	3.865	1.719	4.180	2.417	2.817	0.498	84.504
5	44.47	5.600	2.087	4.427	2.195	2.627	1.079	81.986
6	47.32	6.979	2.358	4.837	2.217	2.495	1.945	79.169
7	49.68	7.958	2.526	5.422	2.287	2.425	2.972	76.410
8	51.66	8.592	2.600	6.171	2.315	2.410	4.040	73.872
9	53.34	8.959	2.595	7.050	2.284	2.438	5.054	71.619
10	54.79	9.136	2.533	8.010	2.213	2.500	5.949	69.659
11	56.07	9.186	2.439	8.989	2.144	2.588	6.690	67.964
12	57.20	9.158	2.338	9.928	2.120	2.694	7.268	66.494
13	58.22	9.086	2.248	10.777	2.171	2.815	7.692	65.209
14	59.13	8.992	2.182	11.506	2.314	2.948	7.985	64.073
15	59.95	8.890	2.146	12.101	2.544	3.089	8.172	63.057
16	60.69	8.787	2.137	12.566	2.850	3.239	8.279	62.142
17	61.35	8.688	2.153	12.913	3.209	3.396	8.329	61.313
18	61.94	8.596	2.185	13.163	3.598	3.559	8.338	60.562
19	62.47	8.510	2.226	13.337	3.998	3.728	8.321	59.880
20	62.93	8.432	2.272	13.454	4.391	3.901	8.287	59.263

Descomposición de varianza del *spread* a 10 años

Period	S.E.	Embi	tcTV	tcTF	expTC	π	tcPIB	spd 120m
1	23.43	2.874	0.482	0.023	3.320	0.670	0.973	91.658
2	32.21	3.654	0.739	0.184	3.800	0.967	0.801	89.855
3	38.60	5.227	2.880	0.410	3.272	0.686	0.760	86.765
4	44.20	7.991	4.407	0.870	2.763	0.515	0.749	82.704
5	49.17	8.951	4.830	1.607	4.420	1.539	0.814	77.839
6	53.52	13.619	4.599	2.687	4.197	1.674	0.963	72.262
7	57.34	18.239	4.126	4.109	4.049	1.830	1.199	66.447
8	60.75	22.159	3.636	5.827	3.948	1.964	1.524	60.942
9	63.81	25.036	3.219	7.762	3.874	2.068	1.941	56.099
10	66.55	26.822	2.891	9.833	3.817	2.150	2.447	52.039
11	68.99	27.662	2.642	10.958	4.769	2.220	3.030	48.721
12	71.15	27.780	2.452	13.061	4.726	2.283	3.670	46.029
13	73.05	27.412	2.306	15.074	4.687	2.345	4.340	43.836
14	74.70	26.765	2.192	16.942	4.654	2.407	5.010	42.030
15	76.14	25.999	2.104	18.625	4.625	2.468	5.651	40.528
16	77.39	25.225	2.035	20.099	4.604	2.526	6.240	39.270
17	78.48	24.514	1.983	21.354	4.592	2.581	6.759	38.217
18	79.42	23.900	1.944	22.395	4.590	2.629	7.199	37.343
19	80.25	23.394	1.916	23.232	4.599	2.670	7.559	36.629
20	80.97	22.994	1.898	23.883	4.622	2.703	7.841	36.059