

**USO DE LA INFORMACIÓN DE LA CURVA DE RENDIMIENTOS DE LOS TÍTULOS
DE DEUDA PÚBLICA COLOMBIANA PARA PRONOSTICAR LA INFLACIÓN
MENSUAL Y ANUAL DE COLOMBIA**

JULIE ANDREA GONZALEZ MORALES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título Magíster en Economía

Asesor: DIEGO ALEXANDER RESTREPO TOBÓN

Economista

MEDELLÍN

UNIVERSIDAD EAFIT

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

2017

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Medellin, 03 de Febrero de 2017

Agradecimientos

A quienes me apoyaron para poder llevar a cabo esta investigación especialmente al asesor de mi tesis, a mi familia, amigos y compañeros.

Resumen

En esta investigación, se busca analizar si con la información de la curva de rendimientos (CR) de Colombia, se puede pronosticar la inflación mensual y anual usando modelos dinámicos de estructura a término. Para llevar a cabo este propósito, se implementa en MATLAB el modelo de Diebold, Rudebusch, & Aruoba, el cual ha sido utilizado en Colombia para estimar y pronosticar la CR mas no para pronosticar variables macroeconómicas, lo que se traduce en un valor agregado, metodológicamente hablando, para estudiar la inflación y para saber si la información de la CR agrega o no valor. Adicionalmente, se aplican restricciones al modelo, logrando conocer qué componentes de la curva agregan mayor valor al pronóstico y dado que este análisis se desarrolla bajo dos enfoques en cuanto al tipo de información a utilizar (la CR suavizada bajo la metodología de Nelson y Siegel para el periodo 2003 - 2017 y la CR no suavizada, para el periodo de 2013 - 2017), logrando conocer qué tipo de información mejora los pronósticos. Finalmente, dada la flexibilidad de estos modelos, no solo se obtienen los mejores modelos para la inflación, sino también los mejores modelos para pronosticar la CR. Efectivamente, al analizar los resultados dentro y fuera de la muestra, se encuentra que el modelo pronostica mejor la CR cuando se usan variables macroeconómicas, sin embargo, para el caso de la inflación, un modelo ARIMA da mejores pronósticos, los cuales no son significativamente diferentes a los obtenidos con el modelo propuesto para este estudio.

Palabras claves: Curva de Rendimientos, Inflación mensual, inflación anual, Diebold, Rudebusch, & Aruoba,

Tabla de Contenidos

Introducción	8
Planteamiento del problema.....	10
Objetivo.....	11
Objetivos específicos	11
Justificación	12
Revisión de literatura	14
Modelo de Diebold, Rudebusch y Arouba (DRA).....	15
Modelo DRA con restricciones.....	17
Metodología	21
Resultados	25
Conclusiones.....	31
Referencias.....	32
Apéndice A	34
Apéndice B.....	35

Lista de tablas

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables	22
Tabla 2. Modelos implementados en cada panel	23
Tabla 3. Correlaciones con las componentes de la CR, panel A.....	25
Tabla 4. Correlaciones con las componentes de la CR, panel B.....	25
Tabla 5. Medidas de error para los pronósticos de la inflación mensual, anual y la CR	26
Tabla 6. Medidas de error para los pronósticos de los nodos de la CR	26

Lista de figuras

Figura 1. Inflación mensual, real vs ajustada.....	27
Figura 2. Inflación anual real vs ajustada	27
Figura 3. CR ajustada y proyectada	29
Figura 4. CSPE inflación mensual, anual y CR	29

Introducción

Conocer el rumbo futuro de la inflación en Colombia, juega un papel fundamental en la toma de decisiones de política monetaria y para tomar decisiones de inversión en los mercados financieros, especialmente para realizar coberturas mediante derivados y para tomar posiciones estructurales sobre la curva de rendimientos (CR). Desde los años setenta, se han realizado muchos estudios para analizar las relaciones que existen entre la CR y la inflación. Con la presente investigación, se busca analizar si la información de la CR, sirve para estimar y pronosticar la inflación mensual y anual en Colombia.

Estas estimaciones y pronósticos son llevadas a cabo usando los modelos dinámicos de estructura a plazo, como lo es, el modelo de Diebold, Rudebusch, & Aruoba, el cual es implementado en MATLAB mediante el uso de filtros de Kalman usando el 80% de la información; y el 20% restante, para la respectiva validación de los pronósticos. Para su estimación, se usa la CR suavizada de Nelson y Siegel y la no suavizada, obtenida de bloomberg, además de otras variables macroeconómicas relacionadas con la inflación, como lo son la tasa de desempleo y la confianza del consumidor.

Los modelos mencionados para este propósito, han sido estudiados más que todo, en Colombia y otros países del mundo, para estimar y proyectar la CR, más no para proyectar variables macroeconómicas. En Colombia, estos modelos no se han utilizado para proyectar la inflación mensual y anual, lo que hace que esta investigación contribuya de manera significativa en cuanto a que proporciona una herramienta adicional para proyectar variables macroeconómicas que hipotéticamente, tengan alguna relación con la información contenida en la CR o con las componentes de la CR (nivel, pendiente y curvatura). Adicionalmente, la mayoría de modelos que se han estudiado en Colombia para proyectar la inflación, no incorporan toda la información de la

CR, ni otras variables macroeconómicas, lo cual hace de este estudio un valor agregado para conocer los pronósticos de inflación desde otra perspectiva metodológica. Igualmente sucede con el tipo de información en cuanto a la CR que se usa para proyectar la inflación. En este estudio se usan dos tipos de CR, lo cual tampoco se ha abordado en Colombia para definir bajo qué tipo de información con respecto a CR, se obtienen los mejores pronósticos de inflación. Finalmente, dada la flexibilidad de los modelos de Diebold, Rudebusch, & Aruoba (DRA), no solo se obtienen los pronósticos de inflación, sino también los pronósticos de la CR, logrando conocer cuál de las dos variables (inflación mensual o anual) pronostican mejor la CR, lo cual es algo que tampoco se ha hecho para el caso de Colombia.

La realización de este estudio, está dividido en dos partes: primero se estima y pronostica la inflación mensual y anual teniendo en cuenta la CR bajo la metodología de Nelson & Siegel y, segundo, se estima y pronostica la inflación mensual y anual teniendo en cuenta la CR no suavizada obtenida de bloomberg. Además, en esta última parte, se estima y pronostica la CR, teniendo en cuenta el efecto de la inflación mensual y teniendo en cuenta, el efecto de la inflación anual. De este modo, finalmente, se obtiene el mejor modelo que pronostica la inflación mensual, el mejor modelo que pronostica la inflación anual y el mejor modelo que pronostica la CR y cada uno de sus nodos. Teniendo en cuenta estos escenarios, se estiman un total de cuarenta y dos modelos, lo cual permite llevar a cabo una selección de modelos con criterio. Además son puestos prueba, comparándolos con los tradicionales modelos econométricos de inflación.

Planteamiento del problema

Muchas son las razones por las cuales es importante conocer el valor futuro de la inflación, entre ellas, la toma de decisiones en cuanto a política monetaria para garantizar un crecimiento económico estable o para la toma de decisiones en el ámbito financiero. En este estudio, se busca dar respuesta a la pregunta, de si es posible proyectar la inflación mensual y anual en Colombia a partir de la información contenida en la CR mediante el uso de un modelo dinámico, como lo es el modelo de Diebold, Rudebusch, & Aruoba, el cual no ha sido utilizado en Colombia para pronosticar variables macroeconómicas. De no llevarse a cabo este análisis, no se podría saber con certeza si estos modelos que han sido utilizados en Colombia únicamente para proyectar la curva, también sirven para proyectar la inflación. Además, no se podría saber si agregan valor o no para pronosticar la inflación o si por el contrario con un modelo más parsimonioso como lo es, por ejemplo, una media móvil, se obtienen los mismos o mejores resultados.

Objetivo

Pronosticar la Inflación mensual y anual de Colombia teniendo en cuenta la información contenida en la CR del mismo país, usando el modelo de Diebold, Rudebusch, & Aruoba.

Objetivos específicos

- Utilizar el modelo de Diebold, Rudebusch, & Aruoba para pronosticar la inflación mensual y anual incluyendo no solo la información de la CR, sino también otras variables macroeconómicas.
- Desarrollar un pronóstico de inflación mensual y anual bajo diferentes escenarios de restricción sobre los parámetros del modelo, tanto sobre los asociados a las componentes de la curva, como los asociados a las variables macroeconómicas.
- Definir e implementar otros modelos econométricos tradicionales como benchmark de pronóstico de inflación para ser comparados posteriormente, con los modelos implementados en este estudio.
- Definir cuál es el mejor modelo para pronosticar la inflación y dado que de manera conjunta se estima y pronostica la CR, encontrar el mejor modelo para pronosticar la CR.
- Desarrollar el pronóstico de la inflación teniendo en cuenta dos fuentes de información sobre la CR: la curva suavizada, construida con la metodología de Nelson y Siegel y la curva no suavizada, obtenida de bloomberg.

Justificación

En Colombia, se ha abordado la estimación y pronóstico de la inflación, mediante el uso de modelos econométricos y modelos de equilibrio que relacionan la pendiente de la CR con la inflación, mediante ecuaciones lineales que omiten el resto de la información contenida en la misma. Con los modelos de Diebold, Rudebusch, & Aruoba, se permite incorporar toda la información de la CR, además, de permitir la estimación y el pronóstico conjunto de otras variables macroeconómicas y de la misma CR, dada la flexibilidad en cuanto a su estructura.

Los estudios que se han desarrollado en Colombia usando estos modelos, se han hecho para pronosticar la CR, más no, para pronosticar la inflación. Por esta razón y porque aún no se sabe si la información contenida en la CR sirve para pronosticar esta variable, este estudio proporciona una perspectiva de modelación adicional que permite ser comparada con los modelos de pronóstico tradicionales de inflación, con el fin de analizar si usando este tipo de metodologías que son más complejas y menos parsimoniosas, relacionadas con un modelo como lo es, por ejemplo, una media móvil, agrega o no valor para el estudio y pronóstico de la inflación en Colombia.

En cuanto a qué CR se debe utilizar para evaluar si la información de ésta, sirve para pronosticar la inflación, vale la pena resaltar, que desde el punto de vista metodológico, se generan escenarios de modelación que permiten identificar qué tipo de información es la más apropiada para tal propósito. Se reduce a tener la capacidad de deducir si la CR construida bajo la metodología de NS (información suavizada de la curva) agrega o no mayor valor al pronóstico de la inflación relacionado con el valor que agrega la CR obtenida de bloomberg (información no suavizada de la curva). Este es otro tipo de análisis que no se ha sido abordado en la modelación de la inflación en Colombia.

Es importante resaltar que dada la gama de modelos que se implementan en este estudio, no solo se cumple con el objetivo relacionado al caso de pronóstico de inflación, sino que también, se logra conocer qué tipo de inflación, sea la mensual o la anual, proporciona mejores pronósticos de la CR.

Desde el punto de vista metodológico, usar los modelos de DL y DRA, proporciona una herramienta muy robusta de análisis de inflación, pues al usar los filtros de Kalman, se ajusta y estima simultáneamente, en cada punto del tiempo, la dinámica implícita de las componentes de la CR (las cuales son variables no observables), con variables observables, como lo son, las macroeconómicas. Adicionalmente, el hecho de extender el modelo utilizando restricciones sobre algunas de las variables en su estimación, hace que el modelo sea más parsimonioso sin perder mayor información

Desde el punto de vista macroeconómico, conocer cuál será el rumbo de la inflación es de vital importancia para quienes toman las decisiones de política monetaria y para los inversionistas, pues, permite implícitamente, conocer las sendas de las tasas de corto y largo plazo, lo cual es útil a la hora de valorar derivados financieros o desarrollar estrategias de coberturas usando derivados financieros de tasa de interés, ya sea para disminuir un riesgo específico o para tener herramientas para especular y sacar provecho en los mercados.

Revisión de literatura

La CR es una representación gráfica de los rendimientos históricos de los bonos a diferentes plazos. Esta representación y su forma provienen de la teoría de expectativas de (Fisher, 1896) y de la teoría de preferencia de liquidez de (Hicks, 1939). Del modelo de (Nelson & Siegel, 1987), nacen los modelos dinámicos para modelar la CR, entre ellos, el modelo de (Diebold & Li, 2005), quienes proponen una reparametrización del modelo de Nelson y Siegel (NS), donde los parámetros de los tres factores o componentes, son dinámicos y capaces de replicar los siguientes hechos estilizados, según (Diebold & Li, 2005), los cuales son: la curva de rendimientos es creciente y cóncava, la curva de rendimientos asume una variedad de formas, la dinámica de los rendimientos es persistente y la de la pendiente, es débil, la parte corta de la curva es más volátil que la parte larga.

El modelo de Diebold y Li (DL), no usa el enfoque de no arbitraje y de equilibrio en los modelos, simplemente utiliza la factorización de la curva y propone un modelo autorregresivo VAR (1) para la proyección de los tres factores para posteriormente obtener el pronóstico de la CR, usando un modelo de regresión vía mínimos cuadrados ordinarios. La reparametrización de la ecuación es la siguiente:

Ecuación 1. Ecuación de DL

$$y_t(\tau) = L_t + S_t \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} \right) + C_t \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right) \quad (1)$$

Donde L_t , S_t y C_t son denominados componentes de la CR. Estos se pueden interpretar como: nivel (factor de largo plazo), pendiente (factor de corto plazo) y curvatura (factor de mediano plazo), respectivamente. Estas componentes están definidas usando funciones exponenciales que permiten recoger la forma de la CR y así, poder obtener un buen ajuste. La primera componente, define el nivel de la curva, el cual refleja las expectativas de inflación de los inversionistas. De manera

empírica, puede ser definida como el promedio de los rendimientos de un título de corto, mediano y largo plazo, en un momento dado del tiempo. La segunda componente, definida como la pendiente, habla sobre el cambio en las expectativas de inflación, así por ejemplo, un aumento en la pendiente, refleja un riesgo de aumento en las expectativas de inflación, lo cual repercute en las decisiones de inversión mostrando una preferencia por los títulos de vencimientos cortos y quienes requieren créditos, una preferencia por títulos de largo plazo, con el fin de asegurar tasas más bajas. La aproximación empírica es la diferencia entre el rendimiento de un título de largo plazo y uno de corto. Finalmente el factor λ es el que controla la tasa de decaimiento exponencial en el modelo y es hallado vía optimización. Es el valor que determina la madurez a la cual se maximiza el ajuste de la curvatura tal cual como lo expresa (Diebold & Li, 2005).

Modelo de Diebold, Rudebusch y Arouba (DRA)

Diebold, Rudebusch y Arouba, proponen reexpresar el modelo de DL de la forma espacio-estado y para su estimación, se utiliza el método de máxima verosimilitud y filtros de Kalman. Esto es posible dado que en el modelo de DL, las componentes pueden ser modeladas con un VAR (1). Estas son modeladas de manera recursiva, incorporando variables macroeconómicas (w_{1t}, \dots, w_{kt}) dentro del vector de estado.

La representación espacio- estado, dado un vector de estado x_t y un vector de observación y_t , es la siguiente:

Ecuación 2. Ecuación de estado

$$\begin{aligned} x_t &= A_t x_{t-1} + B_t u_t \\ y_t &= C_t x_t + D_t \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

A denota el estado de transición, B la matriz de estados de perturbación, C la matriz de medida de sensibilidad y D una matriz de innovación. Teniendo en cuenta esto, la ecuación de transición de

estado que rige la dinámica de estado (nivel, pendiente, curvatura), considerando que los factores pueden ser modelados como un VAR (1), es la siguiente:

Ecuación 3. Ecuación de transición de estado

$$\begin{pmatrix} L_t - u_L \\ S_t - u_S \\ C_t - u_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{t-1} - u_L \\ S_{t-1} - u_S \\ C_{t-1} - u_C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta_t(L) \\ \eta_t(S) \\ \eta_t(C) \end{pmatrix} \quad (3)$$

Y la ecuación asociada al vector de observación es:

Ecuación 4. Ecuación para el vector de observación

$$\begin{pmatrix} y_t(\tau_1) \\ y_t(\tau_2) \\ \vdots \\ y_t(\tau_N) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1 - e^{-\tau_1 \Delta}}{\tau_1 \Delta} & \frac{1 - e^{-\tau_1 \Delta}}{\tau_1 \Delta} - e^{-\tau_1 \Delta} \\ 1 & \frac{1 - e^{-\tau_2 \Delta}}{\tau_2 \Delta} & \frac{1 - e^{-\tau_2 \Delta}}{\tau_2 \Delta} - e^{-\tau_2 \Delta} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & \frac{1 - e^{-\tau_N \Delta}}{\tau_N \Delta} & \frac{1 - e^{-\tau_N \Delta}}{\tau_N \Delta} - e^{-\tau_N \Delta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_t \\ S_t \\ C_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_t(\tau_1) \\ \varepsilon_t(\tau_2) \\ \vdots \\ \varepsilon_t(\tau_N) \end{pmatrix} \quad (4)$$

El modelo queda reexpresado de la siguiente forma:

Ecuación 5. Ecuación que resume el modelo

$$\begin{aligned} (f_t - u) &= A(f_{t-1} - u) + \eta_t \\ y_t &= \Lambda f_t + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (5)$$

Donde f_t son los factores medios ajustados y y_t , los rendimientos observados. Según (Diebold, Rudebusch, & Aruoba, 2006), para una óptima estimación del filtro de Kalman, se restringen las perturbaciones η_t de tal forma que sean ruido blanco y ortogonales (no se asume independencia).

A continuación, se muestra la estructura de η_t y ε_t

Ecuación 6. Ecuación para η_t y ε_t

$$\begin{pmatrix} \eta_t \\ \varepsilon_t \end{pmatrix} \sim WN \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} Q & 0 \\ 0 & H \end{pmatrix} \right] \quad (6)$$

Q es la matriz de covarianza de las perturbaciones asociadas a la ecuación de estado y H, las asociadas a la ecuación de observación. Para introducir variables macroeconómicas, se adicionan en la ecuación de estado, asegurándose que cada una de las matrices cumpla con los requerimientos para poder ser operada.

Ecuación 7. Ecuación DRA con factores macro

$$y_t = \begin{pmatrix} y_t(\tau_1) \\ y_t(\tau_2) \\ \vdots \\ y_t(\tau_N) \end{pmatrix}, H = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1 - e^{-\tau_1\lambda}}{\tau_1\lambda} & \frac{1 - e^{-\tau_1\lambda}}{\tau_1\lambda} - e^{-\tau_1\lambda} & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \frac{1 - e^{-\tau_2\lambda}}{\tau_2\lambda} & \frac{1 - e^{-\tau_2\lambda}}{\tau_2\lambda} - e^{-\tau_2\lambda} & 0 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & \frac{1 - e^{-\tau_N\lambda}}{\tau_N\lambda} & \frac{1 - e^{-\tau_N\lambda}}{\tau_N\lambda} - e^{-\tau_N\lambda} & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \beta_t = \begin{pmatrix} \beta_{1t} \\ \beta_{2t} \\ \beta_{3t} \\ w_{1t} \\ \cdot \\ \cdot \\ w_{kt} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Modelo DRA con restricciones

Es una extensión al modelo DRA que incorpora restricciones sobre este modelo. Este enfoque sugiere analizar los efectos que tiene, incluir o no incluir en la ecuación de estado ciertas variables. Por ejemplo, analizar el efecto que tiene el pronóstico sobre la curva de rendimientos al hacer cero, el factor curvatura o al hacer cero, la tasa de política monetaria.

Para el caso de estudio, sea Π_t la inflación, $Conf_t$ la confianza del consumidor y $Desm_t$ la tasa de desempleo, la expresión del modelo con restricciones sobre la curvatura, toma la siguiente forma:

Ecuación 8. Ecuación DRA con restricciones sobre algunas variables

$$\begin{bmatrix} \pi_t \\ Conf_t \\ Desm_t \\ L_t \\ S_t \\ C_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{10} \\ C_{20} \\ C_{30} \\ C_{40} \\ 0 \\ C_{60} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} & a_{46} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & a_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \pi_{t-1} \\ Conf_{t-1} \\ Desm_{t-1} \\ L_{t-1} \\ S_{t-1} \\ C_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \\ e_{4t} \\ 0 \\ e_{6t} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Estos modelos son utilizados de manera bidireccional, es decir, ya sea para predecir la curva de rendimientos o para predecir las variables macroeconómicas que en ellos se incluyan.

A lo largo del tiempo, se han desarrollado varios estudios en relación al pronóstico de la inflación utilizando la CR. Dichos estudios, comienzan con los modelos de equilibrio general que analizan el poder que representan las tasas de interés para predecir la inflación. Tal es el caso del análisis de (Fama, 1975), quien empieza a estudiar mediante modelos de regresión, las relaciones existentes entre las tasas de interés de corto plazo y la inflación, utilizando únicamente la tasa de interés a seis meses de la CR y encontrando que los movimientos de los rendimientos en este plazo pueden explicar el comportamiento futuro de la inflación. Posteriormente, en (Fama, 1990), expande su estudio para analizar la información contenida en la CR para proyectar la inflación y encuentra que el spread o también llamado, pendiente, entre los rendimientos de los bonos de cinco años y un año pronostica la inflación a un año. En (Mishkin, 1990a, 1990b), también se estudia la información contenida en la CR, con respecto a la inflación futura y encuentra que para plazos inferiores a seis meses, no la hay información, pero si, en el spread construido usando los plazos de nueve y doce meses. Estos autores, entre muchos otros, estudiaron estas relaciones para la CR de Estados Unidos, usando modelos de regresión lineal y modelos autorregresivos AR1. Sin embargo, estos modelos, no tienen en cuenta toda la información contenida en la CR, sino plazos específicos de la misma, lo cual es algo que soluciona el modelo DRA, pues incorpora todas las componentes de la CR; adicional a ello, supone que estas relaciones no son estáticas en el tiempo, sino dinámicas.

En 2005, (Estrella, 2005), estudia y obtiene, mediante un modelo macroeconómico de expectativas racionales, que la pendiente tiene poder predictivo sobre el crecimiento económico y la inflación. Para llegar a esta conclusión, utiliza un modelo que es la combinación de la ecuación IS y la curva

de Phillips - IS-LM Model, con una regla de política monetaria o función de reacción que incorpora diferentes plazos de la curva. En Colombia, (Arosemena & Arango, 2002) , analizan si la CR contiene información sobre la evolución futura de la actividad económica, permitiéndoles concluir que la relación entre un spread de la CR y las expectativas de cambio en cuanto a la actividad económica, es positiva y por medio de la ecuación establecida por (Fisher, 1896), determinan que la relación entre el cambio esperado en la actividad económica y el cambio en la inflación, es negativo. Para analizar los impactos entre estas variables, utilizan un modelo logit, el cual, al igual que los modelos anteriormente mencionados, no incorporan toda la información de la CR. (Arango & Arosemena , 2003), analizan el tramo corto de la CR como predictor de las expectativas de la actividad económica en Colombia, utilizando la ecuación de Fisher y encuentran que dada la poca significancia del spread de la curva, un aumento en el spread, no predice un cambio en la actividad económica y dado que mediante la ecuación de Fisher, se relaciona el spread con los cambios futuros en la inflación, entonces tampoco se encuentra significativo para el caso de la inflación. Sin embargo, estos estudios no son suficientes para concluir si con la CR, se puede predecir la inflación porque no se están teniendo en cuenta la demás información de la misma y otros escenarios de modelación.

En cuanto a la modelación de la CR, se estudiaron y se empezaron a utilizar otro tipo de modelos para estimar los tasas de interés de una forma analítica (Los modelos de no arbitraje), tal es el caso de los modelos de (Ho & Lee, 1986), el modelo de Vasicek, (Vasicek, 1977), para tasas de corto plazo, el modelo de (Cox, Ingersoll, & Ross, 1985), como una generalización del modelo de Vasicek y el modelo de (Hull & White, 1990). Estos modelos presentan inconvenientes, pues no incorporan las relaciones entre los diferentes plazos de la curva y, en ocasiones dan valores negativos en la estimación de las tasas. Posteriormente, con la caracterización de la curva en sus

tres componentes, con NS también se logra modelar la estructura a término, sin embargo, posee la desventaja de la ausencia de arbitraje. Aparecen entonces los modelos afines con factores latentes, (Ang & Piazzesi, 2003), que incorporan la restricción de no arbitraje, garantizando que los movimientos que se den en la curva tras hacer la modelación, sean consistentes con la realidad y permiten que las primas de riesgo de las tasas de interés de largo plazo, sean separadas de las expectativas de las tasas de interés de corto plazo futuras. También se incluyen los modelos Afines con factores exógenos. Los primeros son muy sensibles a los valores iniciales que se le asignen, los segundos, tienen menos restricciones y los factores exógenos pueden ser extraídos utilizando análisis de componentes principales o el modelo de DL. Con el trabajo de DL, comienza la modelación de las curvas de rendimientos, de una forma dinámica y se proyecta la estructura a término usando un VAR (1). Con el modelo de DRA, se reexpresa el modelo de DL en forma espacio estado y se utiliza filtros de Kalman para estimar el VAR (1) vía máxima verosimilitud y se permite usar variables macroeconómicas para obtener pronósticos tanto de la estructura a términos, como de las variables macroeconómicas, entre ellas, la inflación. Finalmente, se extiende el modelo DRA, permitiendo imponer restricciones sobre la ecuación de estado en este modelo, facilitando el análisis de choques en las variables ya sea, macroeconómicas, o de mercado, como lo son las componentes de la CR.

Metodología

Para llevar a cabo los pronósticos tanto de la inflación, como de la CR, se tienen en cuenta como inputs las siguientes variables para Colombia: inflación mensual, inflación anual, tasa de desempleo y confianza del consumidor, CR ajustada con la metodología de NS, contando con plazos de 1 a 15 años, CR no suavizada, obtenida de bloomberg , en donde se analizan los nodos o plazos de la CR , conocidos en el mercado como: octubres del 18 (OCTS18), noviembre del 18 (NOVS18), julio del 20 (JULS20), mayo del 22 (MAYS22), julio del 24 (JULS24), agosto del 26 (AGS26) y agosto del 28 (AGS28). Los números al final de cada nodo indican el año de vencimiento del título. El rango de información va desde enero de 2003 hasta diciembre de 2016, para el caso de la CR obtenida vía NS, para el caso de la CR suavizada, se cuenta con información desde febrero de 2013 hasta diciembre de 2016, ambas con periodicidad diaria, excepto las variables macroeconómicas, con periodicidad mensual, lo que conlleva a convertir las CR diarias, en CR mensuales (Último dato de cada mes en cada uno de los plazos de las curvas). A continuación, se presenta un resumen de la información utilizada en la modelación.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables

Tipo de Variable	Variable	Media	Desv.Std	Min	Máx	Perc. 5%	Perc. 25%	Perc.50%	Perc. 75%	Perc.95%
	1y	0,066	0,023	0,030	0,110	0,038	0,046	0,059	0,089	0,103
	2y	0,074	0,025	0,037	0,136	0,047	0,053	0,064	0,096	0,118
	3y	0,080	0,026	0,040	0,148	0,051	0,059	0,071	0,100	0,129
	4y	0,085	0,027	0,042	0,154	0,053	0,064	0,076	0,103	0,137
	5y	0,088	0,028	0,044	0,159	0,056	0,067	0,080	0,105	0,142
	6y	0,091	0,028	0,046	0,163	0,058	0,069	0,083	0,106	0,146
	7y	0,093	0,028	0,047	0,166	0,060	0,071	0,085	0,108	0,149
	8y	0,094	0,029	0,049	0,169	0,062	0,072	0,087	0,108	0,151
	9y	0,095	0,029	0,050	0,170	0,063	0,074	0,088	0,109	0,153
	10y	0,096	0,029	0,051	0,172	0,064	0,075	0,089	0,109	0,154
	11y	0,097	0,029	0,052	0,173	0,065	0,076	0,090	0,109	0,155
	12y	0,098	0,029	0,052	0,174	0,066	0,077	0,090	0,109	0,157
	13y	0,098	0,029	0,053	0,174	0,066	0,078	0,091	0,109	0,159
	14y	0,099	0,029	0,053	0,175	0,067	0,078	0,091	0,109	0,159
Suavizada	15y	0,099	0,029	0,054	0,176	0,067	0,079	0,091	0,109	0,160
	OCTS18	6,132	0,830	4,420	7,780	4,532	5,568	6,112	6,640	7,395
	NOVS18	6,032	0,786	4,358	7,550	4,536	5,502	6,003	6,610	7,246
	JULS20	6,539	0,779	4,760	8,060	4,879	6,098	6,679	7,052	7,753
	MAYS22	6,840	0,795	4,768	8,570	4,854	6,406	6,850	7,236	8,177
	JULS24	6,948	0,818	4,856	8,670	4,988	6,558	6,870	7,286	8,319
	AGS26	7,359	0,815	5,162	8,970	5,240	6,966	7,400	7,808	8,733
Sin suavizar	AGS28	7,459	0,846	5,275	9,220	5,340	7,061	7,471	7,856	9,005
	Inflacion mensual	0,373	0,365	-0,320	1,510	-0,131	0,110	0,300	0,595	1,150
	Inflacion anual	4,674	1,869	1,760	8,970	2,000	3,095	4,610	6,100	7,852
	Tasa de desempleo	9,140	1,038	7,271	11,905	7,509	8,487	8,978	9,818	11,204
Macroeconómica	Confianza del consumidor	0,353	0,733	-1,080	2,213	-0,683	-0,209	0,190	0,792	1,831

Los pronósticos se llevan a cabo con dos enfoques en cuanto a la información de la CR (usando la CR suavizada con NS y usando la CR no suavizada, obtenida de bloomberg), dado que no tiene mucho sentido, proyectar la CR tomando como inputs los plazos ajustados mediante la metodología de NS, la cual es usada en los modelos de DRA bajo el enfoque de DL conllevando a que se dé un sobreajuste o a que el pronóstico sea tan perfecto que pase a ser irreal. Además, podría pasar que al ser usado para tomar posiciones sobre la CR tal cual como se opera en los mercados, los valores estén muy alejados. Por este motivo, también se usa la CR no suavizada, la cual es más cercana a la información de los títulos tal cual como son operados en el mercado. Aun así, el hecho de que la CR bajo la metodología de NS, como input, no sea muy conveniente usarla para pronosticar la CR, se puede usar para pronosticar mediante las componentes de la misma, variables macroeconómicas como lo son, la inflación.

Una vez obtenida la información, se define un porcentaje de la base para hacer la estimación de cada uno de los modelos (base in sample) y otra, para desarrollar las pruebas fuera de la muestra (base out of sample), usada para validar los pronósticos. El porcentaje definido, es de un 80% para la estimación y de un 20% para validación. Se desarrollan 42 modelos con el fin de analizar todos los posibles escenarios y encontrar el que mejor pronostique no solo la inflación mensual y anual, sino también, la CR. Los modelos estimados están divididos en dos paneles. El panel A, correspondiente a los modelos obtenidos tomando como input la CR suavizada de NS y el panel B, correspondiente a los modelos obtenidos tomando como input la CR no suavizada de bloomberg. En ambos paneles se implementan modelos que sirven como benchmark. A continuación, se describen los modelos estimados.

Tabla 2. Modelos implementados en cada panel

Modelos	Descripción	Inflación mensual	Inflacio n anual	CR	
	Mod A	DRA sin restricciones sobre las componentes de la CR	x	x	x
	Mod B	DRA restringiendo el efecto de la pendiente	x	x	x
	Mod C	DRA restringiendo el efecto de la curvatura	x	x	x
Modelos	Mod D	DRA restringiendo el efecto del nivel	x	x	x
DRA	Mod E	DRA con las variables desempleo y confianza	x	x	x
	Mod F	ARIMA(1,1,0),(1,1,0)	x	x	
	Mod G	ARIMA(0,1,1),(0,1,1)	x	x	
	Mod H	ARIMA(1,1,0)	x	x	
	Mod I	ARIMA(0,1,1)	x	x	
	Mod J	ARIMA(0,0,1)	x	x	
	Mod K	ARIMA(1,1,1),(1,1,1)	x	x	
Benchmark	Mod L	Caminata aleatoria	x	x	x

En ambos paneles, se desarrolla un análisis de error de ajuste y de pronóstico de los modelos usando la medida de estabilidad de errores, CSPE definida así:

$$CSPE = \sum_{i=1}^n error\ cuadrático_{benchmark}(i) - error\ cuadrático_{modelo}(i) \quad (10)$$

Adicionalmente, se utiliza el MSE y el MAPE como medidas de error de ajuste y de pronóstico.

Los modelos de DL y DRA son implementados en MATLAB, utilizando filtros de Kalman, lo cual permite simultáneamente ajustar y estimar en cada punto del tiempo, la dinámica implícita de las componentes y su relación con las variables macroeconómicas. Posteriormente, se incluyen restricciones sobre las componentes y las variables macroeconómicas con el fin de encontrar qué combinación de modelos son los que mejor pronostican las variables de estudio. En este proceso, y dado que estos modelos son inicialmente utilizados para modelar la CR, mas no la inflación, se hace un estudio de las componentes (nivel , pendiente y curvatura), con el fin de analizar relaciones a priori entre estas componentes y la inflación mediante el uso de correlaciones. Este análisis es llevado a cabo utilizando la estimación de estas componentes mediante el modelo de DL.

Resultados

Dado que este estudio parte de la hipótesis de que, con las componentes de la CR se puede proyectar la inflación mensual y anual, a continuación, se presentan las correlaciones existentes entre todas las variables incluidas en el análisis, permitiendo conocer a priori posibles relaciones fuertes. Vale la pena resaltar que los modelos del panel A, son los implementados con la CR suavizada y los del panel B, con la CR no suavizada.

Tabla 3. Correlaciones con las componentes de la CR, panel A

Correlaciones con las componentes de la CR suavizada							
Variables	Nivel	Pendiente	Curvatura	Inflacion mensual	Inflación anual	Tasa desempleo	Confianza
Nivel	100,00%	-71,76%	5,30%	24,79%	56,44%	65,96%	18,80%
Pendiente	-71,76%	100,00%	-18,17%	-0,51%	0,30%	-60,46%	-13,26%
Curvatura	5,30%	-18,17%	100,00%	2,61%	7,13%	37,93%	4,65%
Inflacion mensual	24,79%	-0,51%	2,61%	100,00%	36,13%	35,42%	45,15%
Inflación anual	56,44%	0,30%	7,13%	36,13%	100,00%	24,07%	12,27%
Tasa desempleo	65,96%	-60,46%	37,93%	35,42%	24,07%	100,00%	10,35%
Confianza	18,80%	-13,26%	4,65%	45,15%	12,27%	10,35%	100,00%

Tabla 4. Correlaciones con las componentes de la CR, panel B

Correlaciones con las componentes de la CR no suavizada							
Variables	Nivel	Pendiente	Curvatura	Inflacion mensual	Inflación anual	Tasa desempleo	Confianza
Nivel	100,00%	0,50%	-53,31%	51,32%	62,17%	-14,15%	42,04%
Pendiente	0,50%	100,00%	-47,25%	10,58%	61,36%	-1,67%	-15,45%
Curvatura	-53,31%	-47,25%	100,00%	-44,03%	-50,52%	6,55%	-35,12%
Inflacion mensual	51,32%	10,58%	-44,03%	100,00%	36,67%	46,09%	36,06%
Inflación anual	62,17%	61,36%	-50,52%	36,67%	100,00%	-11,64%	3,29%
Tasa desempleo	-14,15%	-1,67%	6,55%	46,09%	-11,64%	100,00%	10,62%
Confianza	42,04%	-15,45%	-35,12%	36,06%	3,29%	10,62%	100,00%

Se observa que la correlación entre la inflación mensual y las componentes de la CR usando la información bajo el enfoque del panel A, son menos fuertes con respecto a las obtenidas bajo el panel B. Lo mismo sucede con la inflación anual. Esto indica que con la CR no suavizada se pueden obtener unas mejores estimaciones.

A continuación se muestran las tablas que resumen el mejor modelo para la inflación mensual, anual y para la CR.

Tabla 5. Medidas de error para los pronósticos de la inflación mensual, anual y la CR

Medida Error	Pronóstico inflación mensual			Pronóstico inflación anual			Pronóstico CR	
	Mod A panel A	Mod B Panel B	Mod H	Mod A panel A	Mod B panel B	Mod G	Mod E panel B (inflación mensual)	Mod A panel B (inflación anual)
MSE	0,13	0,05	0,07	1,07	0,04	0,05	0,03	0,03
	0,02	0,01	0,00	0,06	0,07	0,02	0,05	0,02
MAPE	2,79	0,70	0,71	0,24	0,05	0,03	0,02	0,02
	0,41	0,66	0,04	0,04	0,04	0,01	0,02	0,02

Tabla 6. Medidas de error para los pronósticos de los nodos de la CR

Nodos de la CR	MSE de los nodos ajustados		MSE de los nodos proyectados	
	Mod A panel B (inflación anual)	Caminata Aleatoria	Mod A panel B (inflación anual)	Caminata Aleatoria
OCTS18	0,0484	0,1820	0,0347	0,1024
NOVS18	0,0000	0,1529	0,0201	0,0946
JULS20	0,0548	0,1586	0,0286	0,1290
MAYS22	0,0015	0,1619	0,0092	0,1394
JULS24	0,0524	0,1337	0,0065	0,1147
AGS26	0,0212	0,1727	0,0263	0,1144
AGS28	0,0007	0,1540	0,0276	0,1536

En la tabla 5, se puede observar que para proyectar la inflación mensual, el benchmark, ARIMA(1,1,0), es la mejor opción. Sin embargo, el modelo B del panel B (Modelo DRA restringiendo el efecto de la pendiente) podría ser una segunda opción. En cuanto al uso de un modelo DRA, estos resultados indican que se obtienen mejores pronósticos cuando de la información contenida en la CR, se tiene en cuenta los efectos del nivel y la curvatura, más no de la pendiente. A continuación, se puede ver gráficamente las diferencias entre el modelo B y el benchmark para la proyección de la inflación mensual en ambas bases, estimación y validación.

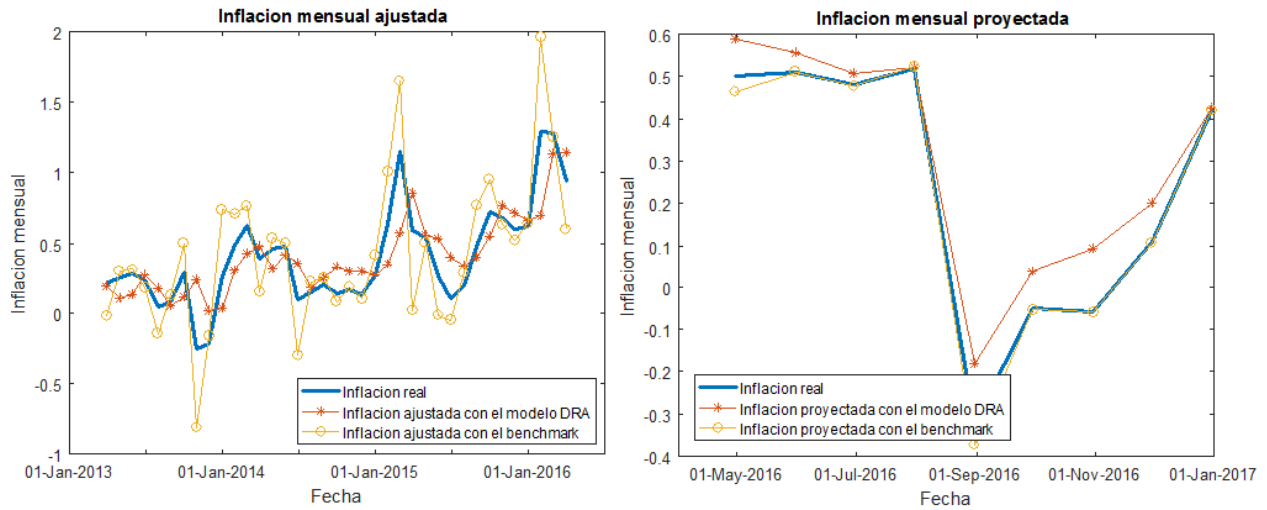


Figura 1. Inflación mensual, real vs ajustada

Para el caso de la inflación anual, como se puede observar en la tabla 5, el benchmark, que es el modelo G, descrito en la tabla 2, un ARIMA (0, 1,1), (0, 1,1) es el mejor modelo para este proposito. Sin embargo, el modelo B del panel B (Modelo DRA restringiendo el efecto de la pendiente), al igual que en el modelo para la inflación mensual, es el segundo mejor modelo para proyectar la inflación anual. A continuación, se puede ver gráficamente las diferencias entre ambos modelos teniendo en cuenta la base de estimación y la base de validación.

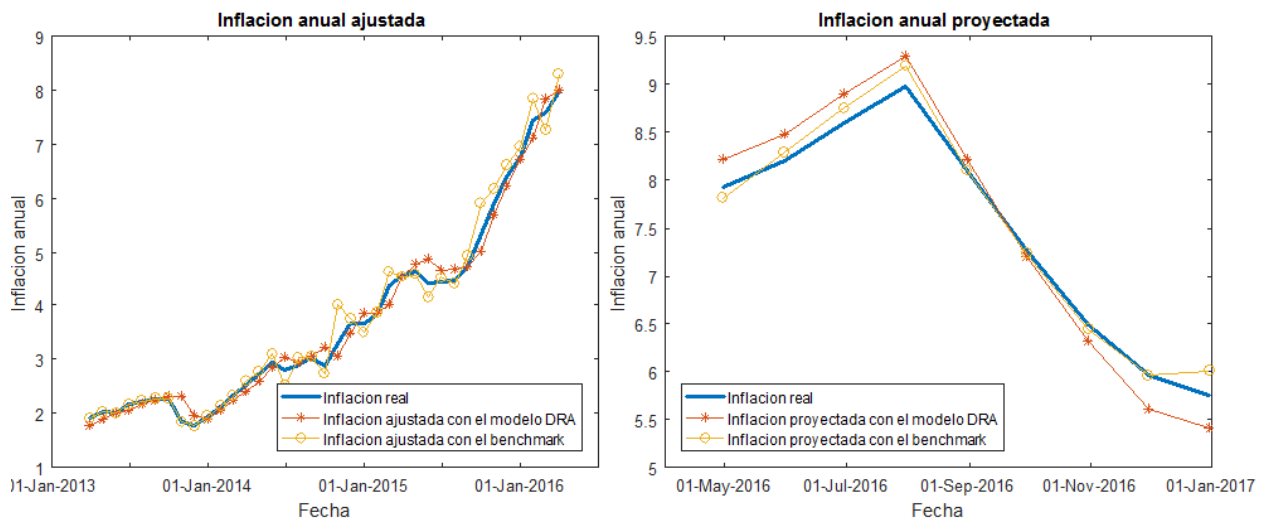


Figura 2. Inflación anual real vs ajustada

Los resultados de los demás modelos estimados para la inflación mensual usando el enfoque del panel A y B, se pueden visualizar en las tablas A-1 y B-1 de los apéndices A y B, respectivamente y para el caso de los modelos estimados para la inflación anual, las tablas A-2 y B-2 de los apéndices A y B. En las figuras B-5 y B-6 del apéndice B, se puede visualizar el ajuste y pronóstico para la inflación mensual y anual, respectivamente, usando la información del panel B.

En cuanto al ajuste y pronóstico de la CR, el modelo seleccionado, es el DRA utilizando simultáneamente para la estimación de la CR, la inflación anual y sin restricciones sobre las componentes de la curva (Mod A), es decir, teniendo en cuenta el efecto del nivel, la pendiente y la curvatura. Sin embargo, cuando se estima la CR teniendo en cuenta la inflación mensual, se encuentra que el mejor modelo es un modelo DRA que además de tener en cuenta, el nivel, la pendiente y la curvatura, también tiene en cuenta la confianza del consumidor y la tasa de desempleo, indicando que este conjunto de variables, también es un buen referente para pronosticar la CR. Sin embargo, por diferencias muy pequeñas en cuanto a los errores de ajuste y pronóstico en ambos modelos, el mejor es el modelo A del panel B, pues como ya se había mencionado, usar los modelos con la información del panel A (CR suavizada), no es lo más adecuado para proyectar la CR. El desempeño de los demás modelos utilizados para este propósito, pueden ser visualizados en el apéndice B, en las tablas, B-3 y B-4.

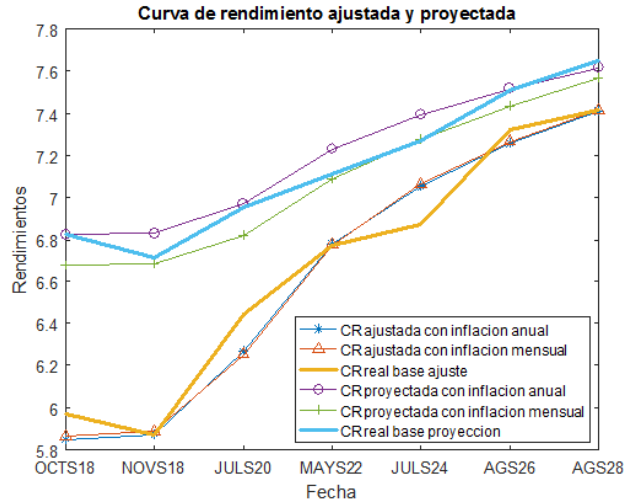


Figura 3. CR ajustada y proyectada

Con el propósito de analizar qué tan estables son los pronósticos, se calcula el CSPE para los modelos de inflación mensual, anual y para la CR. Esta medida, definida en la ecuación (10), permite analizar si en algún momento del tiempo, esta medida pierde tendencia, logrando identificar sobre qué periodos de tiempo, hay mejores o peores ajustes e igualmente, mejores o peores pronósticos, identificando, dependiendo de la inclinación del mismo, cuál es el horizonte de tiempo de pronostico aceptado por determinado tipo de modelo.

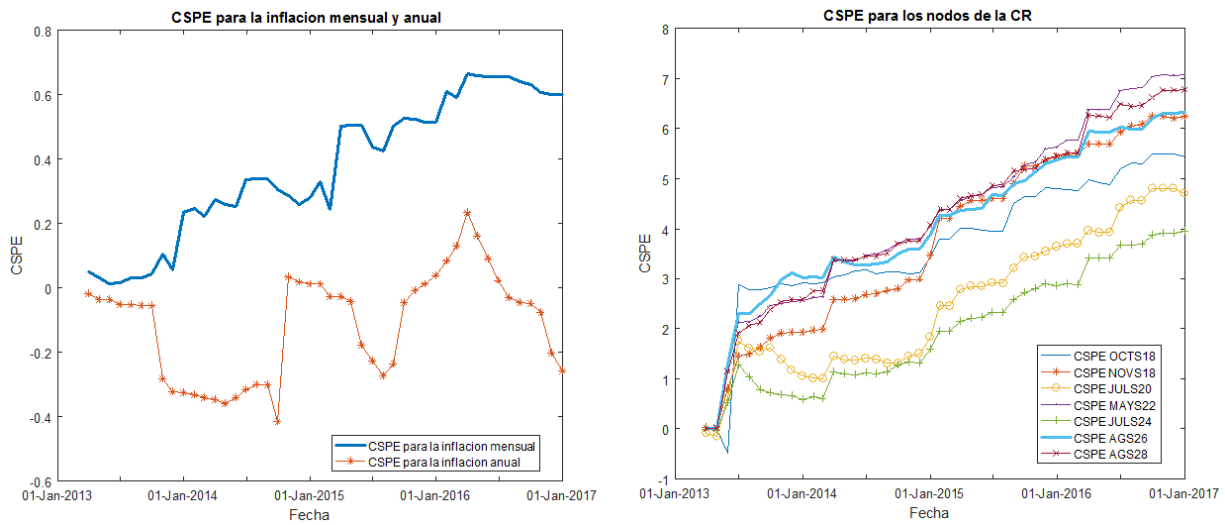


Figura 4. CSPE inflación mensual, anual y CR

En este caso de estudio, como los pronósticos se llevan a cabo para un horizonte de tiempo, de un mes, se puede observar que, para el caso de la inflación mensual, los errores son más pronunciados en la base de estimación (periodo que se puede apreciar en el gráfico desde 2013 hasta marzo de 2016), mientras que en la base de validación, tiende a estabilizarse (periodo, marzo 2016 hasta enero de 2017). Esto es debido a que en el periodo de validación, el modelo es estimado mes a mes. De la mano, se puede observar que el CSPE para la inflación anual presenta comportamientos mixtos, es decir, que el benchmark no le gana al DRA en todos los periodos de tiempo, por tanto, esta medida no presenta una pendiente tan marcada como en el caso del modelo para la inflación mensual. En cuanto al CSPE para los nodos de la CR, se observa que tienen una pendiente positiva la mayoría del tiempo, pero tienden a estabilizarse en el periodo de validación de los pronósticos.

Conclusiones

En este trabajo, se utilizan los modelos DRA para evaluar, si la información contenida en la CR sirve para pronosticar la inflación mensual y anual de Colombia. Con la salvedad de que estos modelos solo se han usado en Colombia para pronosticar la CR. De esta forma, tras llevar a cabo la estimación de este modelo utilizando dos tipos de información sobre la CR, la tasa de desempleo y la confianza del consumidor, se encuentra que los modelos ARIMA, le ganan por diferencias mínimas a estos modelos tanto en ajuste como en pronóstico. Independientemente de esto, dado que las diferencias son mínimas entre el DRA y este benchmark, es importante señalar que se encontró que con la información de la CR sí es posible pronosticar la inflación mensual y anual. Para el caso de la inflación mensual, se encuentra que el mejor DRA para este propósito es el que restringe el efecto de la pendiente, es decir, el que tiene en cuenta sólo el nivel y la curvatura para la estimación. Este mismo modelo también es elegido, como el mejor modelo para el caso de la inflación anual.

En cuanto a los tipos de información utilizada para hacer la estimación de los modelos, los resultados señalan que los modelos estimados con las componentes de la CR no suavizada, da mejores pronósticos que usando la CR suavizada teniendo en cuenta que la información en Colombia para este tipo de curva no es tan extensa como la que se puede obtener usando NS. Aun así, da mejores resultados.

Finalmente, dada la flexibilidad de los modelos DRA para obtener pronósticos bidireccionales, se encuentra que, el mejor modelo para pronosticar la CR, es un DRA sin restricciones sobre ninguna de las componentes, lo que equivale a que tiene en cuenta los efectos del nivel, la pendiente y la curvatura, además de tener en cuenta la inflación anual. Este modelo le gana al tradicional benchmark, la caminata aleatoria.

Referencias

- Ang, A., & Piazzesi, M. (2003). A No-Arbitrage Vector Autoregression of Term Structure Dynamics with Macroeconomic and Latent Variables. *Journal of Monetary Economics*, 50, 745-87.
- Arango, L. E., & Arosemena, A. M. (2003). *El tramo corto de la estructura a plazo como predictor de expectativas de inflación en Colombia*.
- Arosemena, A. M., & Arango, L. E. (2002). *Lecturas alternativas de la estructura a plazo: una breve revisión de literatura*.
- Cox, J. C., Ingersoll, J. E., & Ross, S. A. (1985). A Theory of the Term Structure of Interest Rates. *Econometrica*, 53(2), 385-408.
- Diebold, F. X., Rudebusch, G. D., & Aruoba, B. (2006). The Macroeconomy and the Yield Curve: A Dynamic Latent Factor Approach. *Journal of Econometrics*, 131, 309-338.
- Diebold, F. X., & Li, C. (2005). Forecasting the Term Structure of Government Bond Yields. *Journal of Econometrics*, 130, 337-364.
- Estrella, A. (2005). Why does the yield curve predict output and inflation? *Economic Journal*, 115(505), 722-744.
- Fama, E. F. (1975). Short Term Interest Rates as Predictors of Inflation. *The American Economic Review*, 65(3), 269-282.
- Fama, E. F. (1990). Term-structure forecasts of interest rates, inflation, and real returns. *Journal of Monetary Economics*, 1(25), 59-76.
- Fisher, I. (1896). Appreciation and Interest. *Publications of the American Economic Association*, 11(4), 1-98.
- Hicks, J. R. (1939). Value and Capital. *The Economic Journal*, 49(194), 294-300.
- Ho, T. S., & Lee, S.-B. (1986). Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims. *Journal of Finance*, 41(5), 1011-1029.
- Hull, J., & White, A. (1990). Pricing Interest Rate Derivative Securities. *Review of Financial Studies*, 3(4), 573-592.
- Mishkin, F. (1990a). What Does the Term Structure Tell Us About Future Inflation? *Journal of Monetary Economics*, 25(1), 77-95.

- Mishkin, F. (1990b). The Information in the Longer Maturity Term Structure About Future Inflation. *The Quarterly Journal of Economics*, 105(3), 815-828.
- Nelson, C. R., & Siegel, A. F. (1987). Parsimonious Modeling of Yield Curves. *The Journal of Business*, 60(4), 473-489.
- Vasicek, O. (1977). An Equilibrium Characterization of the Term Structure. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 177-188.

Apéndice A

A-1. Modelos panel A, inflación mensual

Inflación mensual						
Medida Error	Muestra	Mod A	Mod B	Mod C	Mod D	Mod E
MSE	In Sample	0,130	0,250	0,390	0,150	0,110
	Out of Sample	0,020	0,130	0,500	0,060	0,070
MAPE	In Sample	2,790	3,300	3,350	2,500	2,680
	Out of Sample	0,410	1,400	1,620	0,820	1,040

A-2. Modelos panel A, inflación anual

Inflación anual						
Medida Error	Muestra	Mod A	Mod B	Mod C	Mod D	Mod E
MSE	In Sample	1,060	3,310	2,130	3,280	0,450
	Out of Sample	0,060	0,980	5,390	0,480	0,310
MAPE	In Sample	0,240	0,390	0,320	0,430	0,170
	Out of Sample	0,040	0,170	0,430	0,130	0,090

Apéndice B

B-1. Modelos panel B, inflación mensual

Proyección inflación mensual						
Medida Error	Muestra	Mod A	Mod B	Mod C	Mod D	Mod E
MSE	In Sample	0,020	0,050	0,051	0,051	0,034
	Out of Sample	0,090	0,008	0,013	0,011	0,025
MAPE	In Sample	0,446	0,695	0,691	0,711	0,562
	Out of Sample	1,418	0,656	0,812	0,721	1,008

B-2. Modelos panel B, inflación anual

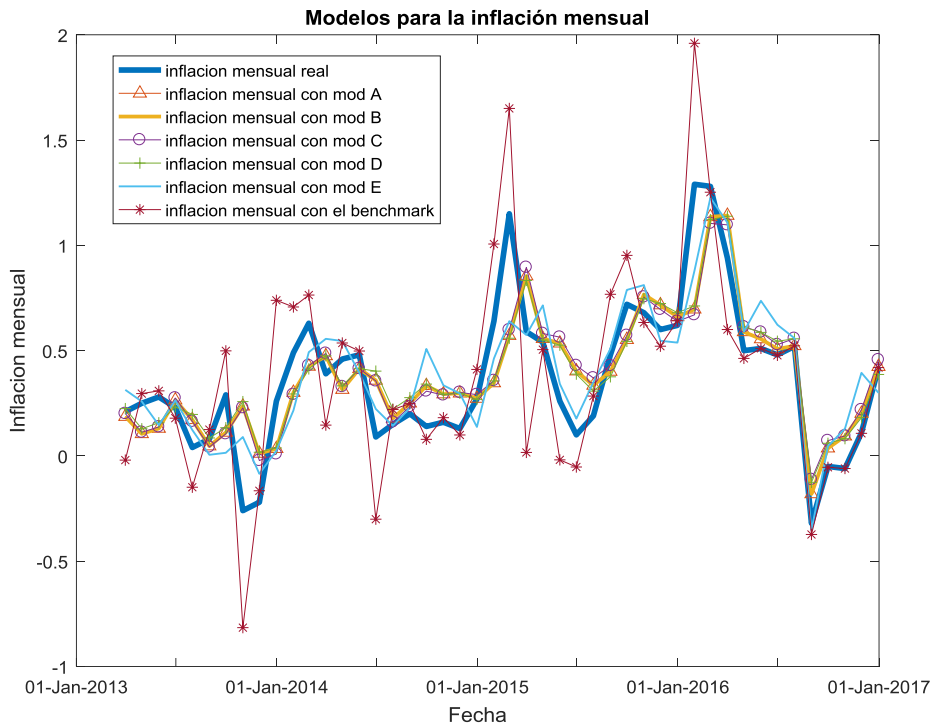
Proyección de la inflación anual						
Medida Error	Muestra	Mod A	Mod B	Mod C	Mod D	Mod E
MSE	In Sample	0,044	0,040	0,041	0,041	0,032
	Out of Sample	0,529	0,072	0,048	0,056	0,103
MAPE	In Sample	0,045	0,048	0,048	0,049	0,041
	Out of Sample	0,094	0,035	0,024	0,028	0,042

B-3. Modelos panel B, CR con inflación mensual

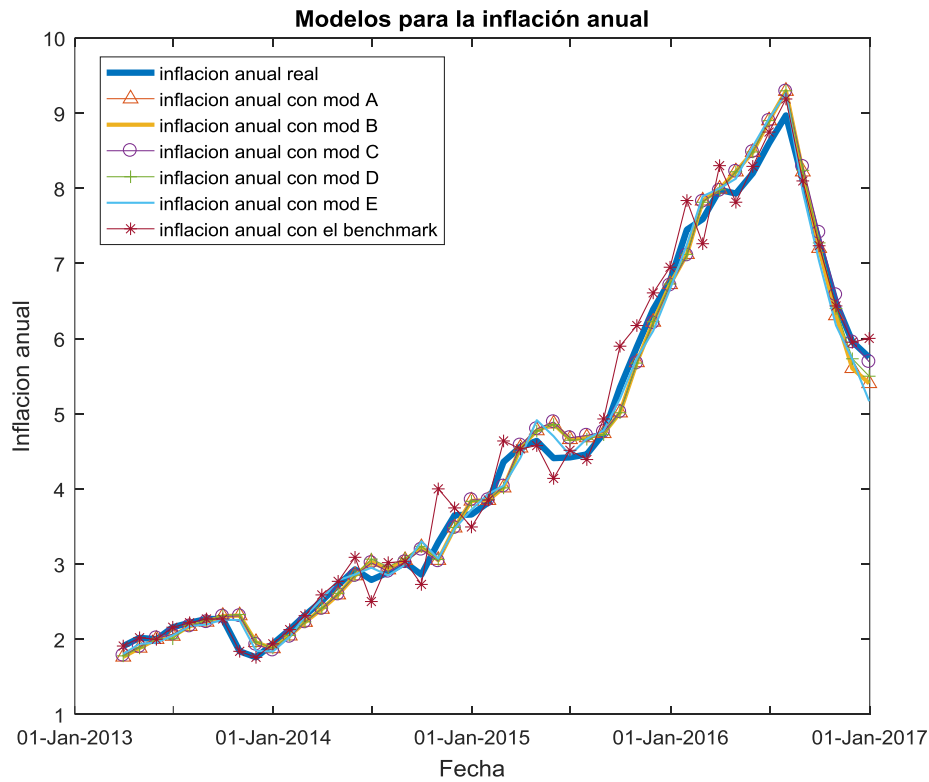
Proyección de la curva con inflación mensual						
Medida Error	Muestra	Mod A	Mod B	Mod C	Mod D	Mod E
MSE	In Sample	0,024	0,036	0,022	4,534	0,025
	Out of Sample	0,085	0,036	0,038	4,426	0,045
MAPE	In Sample	0,017	0,020	0,017	4,530	0,016
	Out of Sample	0,026	0,023	0,022	4,422	0,021

B-4. Modelos panel B, CR con inflación anual

Proyección de la curva con inflación anual						
Medida Error	Muestra	Mod A	Mod B	Mod C	Mod D	Mod E
MSE	In Sample	0,025	0,036	0,025	0,024	0,024
	Out of Sample	0,024	0,029	0,106	0,148	0,066
MAPE	In Sample	0,015	0,020	0,017	0,017	0,016
	Out of Sample	0,019	0,019	0,039	0,040	0,027



B-5. Modelos para la proyección de la inflación mensual



B-6. Modelos para la proyección de la inflación anual