



Vigilada Mineducación

Inversión en TES:

Una recomendación desde el análisis macroeconómico colombiano.

Investment in TES:

A recommendation from a colombian macroeconomic analysis.

Juan Diego Neira Orozco

Juan David Santos López

TESIS DE GRADO

ASESOR

Alvaro Hurtado Rendón

UNIVERSIDAD EAFIT

Escuela de finanzas, economía y gobierno

Economía

Medellín

2023

CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	5
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
JUSTIFICACIÓN	8
ANTECEDENTES DE LA LITERATURA	9
MARCO TEÓRICO.....	12
PRESENTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	14
METODOLOGÍA.....	15
RESULTADOS ESPERADOS	17
DESCRIPCIÓN DE DATOS.....	18
MODELO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	23
AUTOCORRELACIÓN DE LOS RESIDUALES	24
HETEROCEDASTICIDAD DE LOS RESIDUALES	25
NORMALIDAD DE LOS RESIDUALES	25
IMPULSOS RESPUESTA.....	25
CAUSALIDAD DE GRANGER	27
PROYECCIÓN	28
CONCLUSIONES	30
RECOMENDACIÓN.....	33
BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXO.....	35

RESUMEN

Este trabajo analiza la relación entre variables macroeconómicas y la rentabilidad de los Títulos de Tesorería (TES) en Colombia. Se utiliza un enfoque empírico basado en la metodología de Vectores Autorregresivos (VAR) para examinar dicha relación.

A partir de la revisión de la literatura, se identifica que variables macroeconómicas como la tasa de interés, el Producto Interno Bruto (PIB) y el Índice de Precios al Consumidor (IPC) pueden afectar la rentabilidad de los TES de manera directa o inversa.

La metodología propuesta se basa en un modelo VAR que considera como variables dependientes el rendimiento de los TES y como variables independientes el PIB/ISE, inflación y la tasa de interés. Se emplean fuentes oficiales de datos, como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Banco de la República y la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), entre otros.

Los resultados del análisis estadístico indican que la tasa de interés, el PIB y el IPC tienen una relación directa y significativa con la rentabilidad de los TES, lo que implica que un aumento en estas variables puede llevar a un incremento en la rentabilidad de los bonos. Además, se encuentra que la variación del IPC con un rezago de dos meses no tiene una relación significativa con la rentabilidad de los TES.

Los hallazgos son consistentes con investigaciones anteriores y respaldados por el modelo de expectativas de Fisher. Los resultados tienen implicaciones importantes para inversores y el gobierno colombiano, permitiendo tomar decisiones informadas y ajustar la política económica. El trabajo propone una metodología sólida y utiliza análisis estadísticos adecuados para abordar la relación entre las variables en estudio.

Palabras clave: Economía, Renta fija, TES, Macroeconomía, Bonos.

ABSTRACT

This work analyzes the relationship between macroeconomic variables and the profitability of Treasury Bonds (TES) in Colombia. An empirical approach based on the Vector Autoregressive (VAR) methodology is used to examine this relationship.

Based on the literature review, it is identified that macroeconomic variables such as interest rate, Gross Domestic Product (GDP), and Consumer Price Index (CPI) can directly or inversely affect the profitability of TES.

The proposed methodology is based on a VAR model that considers TES yield as the dependent variable and GDP, inflation, and interest rate as independent variables. Official data sources such as the National Administrative Department of Statistics (DANE), the Central Bank of Colombia, and the Colombian Stock Exchange (BVC) are used.

The results of the statistical analysis indicate that the interest rate, GDP, and CPI have a direct and significant relationship with the profitability of TES, implying that an increase in these variables can lead to an increase in bond profitability. Furthermore, it is found that the lagged CPI with a two-month delay do not have a significant relationship with TES profitability.

The findings are consistent with previous research and supported by the Fisher expectations model. The results have important implications for investors and the Colombian government, enabling informed decision-making and adjustments to economic policy. The work proposes a robust methodology and utilizes appropriate statistical analysis to address the relationship between the variables under study.

Key Words: Economics, Fixed income, TES, macroeconomics, Bonds.

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

Con el paso de los años el mercado de renta fija y sus derivados adquiere una mayor relevancia en la economía colombiana, una de las clases de títulos más importantes de este mercado son los Títulos de Tesorería (TES), estos títulos son emitidos por el gobierno para financiarse y son su principal fuente de financiamiento. “Los TES son una de las principales opciones de inversión en el mercado de deuda en Colombia debido a su alta liquidez y seguridad, además de ser una excelente alternativa de inversión para aquellos agentes económicos que cuentan con excedentes de liquidez” (Florez Á. Soto., 2013), ofrecen una rentabilidad segura en el corto, mediano y largo plazo. En un estudio técnico realizado por la Bolsa de Valores de Colombia (Valderrama et al., 2012) se reporta que entre los años 2002 y 2011 el mercado de renta fija en Colombia ha pasado por 3 fases, crecimiento de 2002 a 2006, contracción 2007 a 2008 y finalmente recuperación entre 2009 y 2011, en línea con lo anterior la investigación de (González & García., 2021) resalta que la deuda pública interna en Colombia está representada mayormente por bonos y durante el periodo 2018 a 2019 ha incrementado su relevancia. AMV (Autorregulador del Mercado de Valores de Colombia) declara que en el periodo comprendido entre mayo de 2021 y abril de 2022 el mercado de renta fija representó el 85% de compras y ventas del monto transado en bolsa equivalente a 919 billones de COP, de los cuales 799.53 billones fue en títulos de deuda pública.

Según el boletín de deuda externa de Colombia publicado por el Banrep (Banco de la República, 2022), para finales del 2021 la deuda externa representó el 54.6% del PIB, de igual manera al término del tercer trimestre de 2022, el saldo de la deuda externa alcanzó US\$177.105 millones, representando el 51,4% del PIB, de la cual el 33,5% corresponde a bonos de tesorería y el 45% a préstamos, además el 84% de este monto corresponde a pasivos con vencimiento original mayor a un año y el 16% a créditos con vencimiento igual o menor a un año. Teniendo en cuenta lo anterior es posible evidenciar la relevancia de estos títulos para el gobierno y el mercado de valores colombiano.

Actualmente Colombia al igual que la mayoría de países en el mundo está atravesando un periodo de coyuntura económica, durante el 2021 el Banco de la República continuó con su política monetaria expansiva y mantuvo la tasa de intervención en 1,75% fomentando el consumo de los hogares y la reactivación económica, es por estas medidas que se vio un aumento del PIB de 11% impulsado por los malos resultados del año 2020, además debido a esta política en el año

2021 la tasa de inflación cerró en 6.94% y se observaron los primeros efectos inflacionarios superando la meta de inflación establecida en 3% por el Banco de la República.

Para 2022 se agudizó el efecto de estas medidas dejando una tasa de inflación del 13,25% y un alza constante de la tasa de intervención a través de todo el año, que para enero de 2023 fue establecida en un alto histórico de 12.75%, adicionalmente el consenso de analistas de Bloomberg y BANREP pronostica que la inflación del año 2023 será de alrededor de 9%.

Considerando la relevancia de esta clase de activos tanto para la economía colombiana, como para los inversionistas y las tendencias de las diferentes variables macro en los últimos meses, como incrementos en la tasa de intervención e inflación (ver gráfica 2 y 3), es pertinente abundar en la investigación sobre los efectos macroeconómicos en el precio de los títulos de tesorería y que nos cuestionemos ¿Cómo es la influencia de las principales variables macroeconómicas sobre el comportamiento de los títulos de tesorería? ¿Cómo se relacionan las investigaciones anteriores con esta? Y ¿Es recomendable invertir en TES?

OBJETIVO GENERAL

Fundamentar un modelo macroeconómico que involucra variables como crecimiento económico, tasa de inflación y la tasa de intervención de Colombia con el objetivo de realizar una recomendación de inversión en TES y exponer la situación económica que atraviesa y atravesará Colombia, aportando a la literatura que permita inferir elementos sobre variables macroeconómicas que afecten el desempeño de las inversiones en el mercado de renta fija.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar una revisión sistemática y exhaustiva de la literatura académica y científica, con el fin de identificar y analizar las principales teorías, enfoques, metodologías y resultados presentes en el campo de estudio.

Contrastar los resultados de diferentes investigaciones y literatura existente sobre perspectivas a nivel económico y del mercado de renta fija en Colombia, en momentos de coyuntura similar al actual.

Proponer un modelo macroeconómico que describa el estado de la economía colombiana y la coyuntura que esta atraviesa con el fin de realizar un pronóstico para la segunda mitad del 2023 a través de la construcción de un ejercicio estilizado econométrico teniendo en cuenta variables macroeconómicas como el crecimiento económico, la inflación y la política fiscal del país.

Inferir los resultados de las principales variables macroeconómicas a estudiar para determinar cuál sería una recomendación de inversión adecuada para inversionistas institucionales en deuda soberana colombiana, principalmente realizar un análisis de corto plazo y es en estos en los que se observa de mejor forma los efectos macroeconómicos.

JUSTIFICACIÓN

El mercado de renta fija representa una parte significativa de las transacciones en la bolsa colombiana, y dentro de este, los TES se destacan como una herramienta fundamental de financiamiento para el gobierno y una opción de inversión atractiva para los agentes económicos, como resalta el (Ministerio de Hacienda, 2019) “Colombia cuenta con un mercado de deuda pública profundo que le representa al Estado una fuente de financiación eficiente y a los inversionistas instrumentos de inversión en una diversidad de plazos”(Ministerio de hacienda, 2019).

Esta investigación es importante no solo para los inversionistas institucionales, sino también para el gobierno y los hacedores de política, quienes pueden verse beneficiados de una mejor comprensión de la relación entre las variables macroeconómicas y el comportamiento de los TES.

Colombia, como muchos otros países, ha enfrentado un clima económico complejo en los últimos años, lo cual ha llevado al Banco de la República a implementar políticas monetarias expansivas con el objetivo de incentivar el consumo y la reactivación económica. Sin embargo, estas políticas han generado consecuencias, como el incremento de la tasa de inflación y fluctuaciones en la tasa de intervención. El análisis de los TES en el contexto de estas alteraciones macroeconómicas es crucial para entender su comportamiento.

Asimismo, el análisis de la coyuntura económica actual y la elaboración de un ejercicio econométrico permitirá generar pronósticos para la segunda mitad del 2023. Estos pronósticos pueden ser de gran utilidad para los inversionistas, quienes podrán tomar decisiones de inversión más informadas y anticiparse a posibles cambios en el mercado.

Resulta fundamental analizar aquellas variables macroeconómicas que arrojarán luz sobre cuál es el futuro de la economía colombiana y cómo estas variables afectan la rentabilidad de los TES, aportando al análisis económico en momentos de coyuntura y a la toma de decisiones de inversión.

ANTECEDENTES DE LA LITERATURA

El mercado de renta fija, en particular los Títulos de Tesorería (TES), han ganado una creciente importancia en la economía colombiana en los últimos años. Los TES son emitidos por el gobierno con el fin de financiarse y son considerados unas de las principales opciones de inversión en el mercado de deuda en Colombia.

En un estudio sobre la curva de rendimientos de los TES en Colombia, (Flórez Á. Soto., 2013) propone un modelo econométrico de vectores autorregresivos (VAR) que analiza el impacto de variables macroeconómicas: la inflación, PIB, las tasas de intervención y los Bonos del tesoro de E.E.U.U. sobre la curva de rendimientos de los TES. Los resultados indican que existe una fuerte relación entre las variables explicativas y la curva de rendimientos de los TES.

Asimismo, en otro estudio titulado "Determinantes macroeconómicos de la curva de rendimientos de los TES B en Colombia: un acercamiento con vectores regresivos"(Alarcón, 2007), se analiza la relación entre la curva de rendimientos de los TES y tres variables macroeconómicas, un indicador de actividad económica real (PDN), un indicador del nivel de precios (inflación) y un indicador de política monetaria (tasa de interés). Los resultados muestran que la curva de rendimientos de los TES se ve afectada en mayor medida por la tasa de intervención en el corto plazo, mientras que en el largo plazo es influenciada principalmente por la inflación.

Por otro lado, en la investigación "Funcionamiento del mercado de deuda pública en Colombia: ¿Los anuncios macroeconómicos impactan al mercado de TES?" (Zafra, 2015), examina cómo los anuncios macroeconómicos sobre la tasa interbancaria, la tasa de desempleo y la inflación afectan el precio y la volatilidad de los TES en Colombia con vencimiento en 2024. Los resultados sugieren que los anuncios macroeconómicos tienen un impacto significativo en la volatilidad de los precios de los TES de manera inmediata más no persistente en el tiempo.

De igual manera, en el estudio realizado por (Guatava, 2006), nuevamente se analiza la correlación entre la TES tasa fija en pesos y las variables macroeconómicas, donde los resultados sugieren que existe una correlación negativa entre las variables tasa de interés, inflación, PIB, desempleo, saldo de deuda total con respecto a los rendimientos del TES, siendo la inflación y el índice de actividad real las variables que mayor correlación presentan.

El estudio, escrito por (Moreno L., 2019) , se enfoca en la relación entre la curva de rendimientos de Svensson y factores macroeconómicos en Colombia estimándose a partir de un modelo econométrico VAR. Los resultados sugieren que la curva de rendimientos de Svensson está relacionada con los factores macroeconómicos, en particular con la inflación y el riesgo país. Además, el estudio encuentra que la relación entre la curva de rendimientos y los factores macroeconómicos ha cambiado a lo largo del tiempo.

Para efectos internacionales, el estudio realizado por (Neciosup & Chávarri, 2022) estima una variante del modelo VAR, denominada Factor Augmented Vector Autoregressive (FAVAR), el cual tiene en cuenta la dinámica entre las variables externas e internas, con este buscaban abundar en que efectos tienen las variables reales y financieras en la curva de rendimientos de los bonos en Perú, como resultado se obtuvo que “específicamente, las variables financieras, como el riesgo cambiario y la liquidez del mercado, tienen un impacto negativo en la curva de rendimiento de los bonos” (Neciosup & Chávarri, 2022) y que las variables económicas, como la tasa de inflación y crecimiento económico llevan a un aumento en el rendimiento de los bonos.

Como indican las investigaciones realizadas por Flórez Á. Soto., 2013 y Alarcón, 2007 donde se analiza esta correlación , es posible afirmar que sí existe una relación entre las principales variables macroeconómicas y el rendimiento de los TES, sin embargo, los estudios en diferentes momentos del tiempo muestran que las dinámicas económicas que se den en el momento generan discrepancia en la dirección y magnitud de cómo las variables macroeconómicas explican a los TES, al igual que como sucede con la investigación de Zafra, 2015 que al tomar las variables macroeconómicas desde otra perspectiva logra verificar la relación, pero con resultados diferentes, esto para el caso de Colombia.

En cuanto a los resultados hallados en este campo para otras economías emergentes como Perú en la investigación de (Neciosup & Chávarri, 2022) y en México por (Mota, 2018) obtienen que diferentes variables macroeconómicas tienen una relación con los rendimientos de los bonos de cada país, adicionalmente para el caso de México se logra demostrar que los rendimientos de estos bonos son predictores significativos del PIB y sus componentes. Para economías desarrolladas el estudio de (Tam, 2007) encuentra que las curvas de rendimientos de Estados Unidos, Japón y Alemania además de ser bien estimadas por el modelo de Nelson y Siegel, los resultados sugieren que la dinámica de la curva de rendimiento está influenciada por varios factores, como la expectativa de inflación, la prima de riesgo y la tasa de interés de corto plazo;

También se observó que la forma de la curva de rendimiento es diferente para cada país, lo que sugiere que cada economía tiene sus propias dinámicas y factores que influyen en la formación de la curva de rendimiento.

MARCO TEÓRICO

Según (Fabozzi, 2011), "la tasa de interés de un bono es el factor determinante del precio del bono en el mercado secundario, ya que afecta el flujo de efectivo que los tenedores de bonos recibirán en forma de intereses". Además, la tasa de interés de un bono también puede estar influenciada por factores macroeconómicos, como la política monetaria, la inflación y las expectativas de crecimiento económico, que afectan la oferta y demanda de bonos en el mercado.

En base a las definiciones planteadas se presentan fundamentos teóricos que permitirán estructurar el ejercicio estilizado econométrico como lo son el modelo de expectativas de Fisher, el modelo de Nelson y Siegel y la metodología de valoración de bonos de Fabozzi.

El modelo de expectativas de (Fisher, 1930) establece que la tasa de interés nominal de un bono está compuesta por dos componentes: la tasa de interés real y la expectativa de inflación, a su vez afirma que el PIB también puede tener un impacto en el comportamiento de los bonos del Tesoro. Un aumento en el PIB generalmente se asocia con una mayor demanda de bienes y servicios, lo que puede aumentar la expectativa de inflación. Esto a su vez puede llevar a un aumento en las tasas de interés nominales de los bonos, como se indica anteriormente. Finalmente, la tasa de intervención o tasa de interés de política monetaria establecida por el banco central también puede tener un impacto en los bonos del Tesoro. Si el banco central aumenta la tasa de intervención para controlar la inflación, esto puede llevar a un aumento en las tasas de interés nominales de los bonos, lo que afecta su precio en el mercado secundario.

Además "La literatura ha demostrado que la inflación es una variable macroeconómica clave que puede afectar el comportamiento de los bonos del Tesoro. Según la teoría de Fisher, existe una relación positiva entre la inflación esperada y las tasas de interés nominales de los bonos del Tesoro, lo que implica que, a mayores niveles de inflación esperada, se espera que las tasas de interés nominales de los bonos del Tesoro sean más altas" (E. A. Copeland, 1952)

En cuanto a la teoría económica esta proporciona diversos modelos y enfoques para analizar el rendimiento de los instrumentos de renta fija. Uno de estos modelos y el más usado es el modelo de (Nelson & Siegel, 1987) que permite estimar la curva de rendimiento mediante una función que captura las características de nivel, pendiente y curvatura. Este modelo ha sido ampliamente utilizado en estudios empíricos. La curva de rendimientos de (Svensson, 1994) propone una versión modificada del modelo de Nelson y Siegel donde agrega a la ecuación

original un parámetro adicional. La curva de rendimientos permite identificar gráficamente cómo los cambios macroeconómicos afectan el rendimiento de los bonos, por lo que es necesario tenerla en cuenta para cumplir con el propósito de esta investigación.

Continuando con aquellos aspectos teóricos que tienen efecto en este trabajo, resulta necesario considerar cómo es valorado un bono, Frank Fabozzi ha planteado varias metodologías de valoración de bonos en su carrera. Una de las metodologías más conocidas es la de (Fabozzi, 2011) donde ha propuesto el modelo de valoración de bonos basado en el flujo de efectivo descontado, que se utiliza para estimar el valor presente de los flujos de efectivo futuros esperados de un bono. Este modelo tiene en cuenta la tasa de interés del mercado, el plazo y la cantidad del flujo de efectivo del bono y se utiliza para valorar tanto bonos corporativos como gubernamentales.

PRESENTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se propone analizar cómo el crecimiento económico, la tasa de inflación y la tasa de intervención en Colombia afectan el rendimiento de los TES y cómo estos factores pueden influir en una recomendación de inversión para estos títulos, de manera detallada:

Producto Interno Bruto (PIB): Un crecimiento económico sostenido, podría resultar en un aumento de los rendimientos. Por el contrario, un des aceleramiento económico tenderá a aumentar la demanda de TES.

Inflación: La inflación, medida a través de la variación del Índice de Precios al Consumidor (IPC), es una variable fundamental en el mercado de renta fija. Un incremento en la inflación podría generar expectativas de mayores tasas de interés futuras, lo que podría aumentar los rendimientos de los TES.

Tasas de interés: Las tasas de interés, como la tasa de intervención del Banco de la República, afectan el costo del endeudamiento y las expectativas sobre la política monetaria. Cambios en las tasas de interés pueden influir en los rendimientos de los TES, ya que los inversores ajustan sus expectativas en función de futuras decisiones de política monetaria.

Condiciones internacionales: Factores como las tasas de interés en los Estados Unidos, representadas por los rendimientos de los bonos del Tesoro de EE. UU., pueden afectar los flujos de capital hacia y desde Colombia. Un incremento en los rendimientos de los bonos del Tesoro de EE. UU. podría generar una salida de capitales, lo que podría elevar los rendimientos de los TES colombianos.

Se propone confirmar estos supuestos a través de un modelo econométrico VAR, donde los resultados arrojados serán contrastados con las investigaciones nombradas en los antecedentes de la literatura, y a partir de esto formular una recomendación de inversión para los TES.

METODOLOGÍA

A partir de la fundamentación teórica encontrada en el modelo de expectativas de (Fisher, 1930) es pertinente la construcción de un ejercicio estilizado que ponga en prueba los supuestos de la influencia de las principales variables macroeconómicas como el crecimiento económico, la tasa de inflación y la tasa de intervención sobre el comportamiento de los Títulos de Tesorería a través de un modelo econométrico.

Posteriormente se contrastarán los resultados arrojados por el modelo empírico con la teoría para dar pie al análisis del comportamiento de los bonos en el mercado de renta fija colombiano.

Para alcanzar el objetivo planteado para la investigación, se estimará un modelo empírico de Vectores Autorregresivos (VAR) con el fin de examinar la relación entre las variables macroeconómicas y el rendimiento de los TES. Se analizará la información de las investigaciones proporcionadas en la revisión de literatura y se contrastarán los resultados con los datos de este modelo y las estimaciones planteadas.

El modelo VAR es adecuado para este propósito, ya que permite capturar las interacciones dinámicas entre múltiples variables endógenas en el tiempo y proporciona resultados que son fácilmente interpretables en términos de efectos directos e indirectos, así como respuestas a impulsos.

Las variables que serán utilizadas en el modelo son:

Variable dependiente:

- Rendimiento de los TES.

Variables independientes:

- Crecimiento económico (PIB).
- Tasa de inflación (IPC).
- Tasa de intervención del Banco de la República.

Se utilizarán como fuentes oficiales de datos el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Banco de la República, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, La Bolsa de Valores de Colombia (BVC) y Bloomberg.

Es importante tener en cuenta que los datos y su calidad son un factor crítico en el análisis econométrico. Además, se anticipan posibles limitaciones de los datos, tales como:

- La disponibilidad de datos históricos puede ser limitada, lo que podría reducir el alcance temporal del análisis.
- Los cambios en la metodología de cálculo de las variables a lo largo del tiempo pueden afectar la comparabilidad de los datos.
- La calidad de los datos puede variar en función de las fuentes y la frecuencia de los datos.

Finalmente, se utilizará el software estadístico R para realizar el análisis econométrico y las pruebas de significancia estadística, el modelo econométrico se ajustará a los supuestos estadísticos necesarios, como la normalidad de los residuos, la homocedasticidad, y la ausencia de multicolinealidad.

RESULTADOS ESPERADOS

Se espera que un menor crecimiento económico resulte en un aumento en la demanda de TES, lo que a su vez puede provocar una disminución en los rendimientos. Además, se espera que incrementos en la tasa de inflación incentiven de igual manera mejores rendimientos de estos títulos, ya que los inversionistas exigirán una mayor tasa de interés nominal para compensar la pérdida de poder adquisitivo de su inversión.

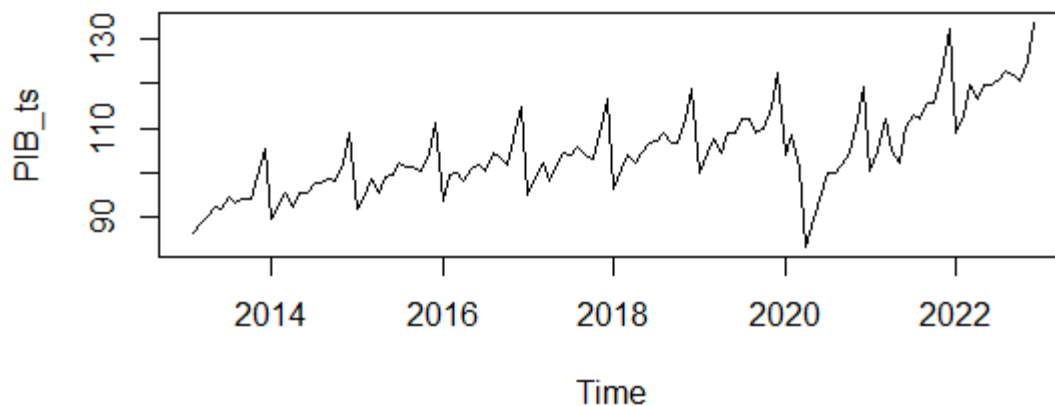
Igualmente, se espera que la tasa de intervención del Banco de la República tenga un efecto significativo en el rendimiento de los TES. En general, se espera que una tasa de intervención que se mantiene alta producto de las presiones inflacionarias se traduzca en mayores rendimientos de los TES, esto gracias a la relación directa que hay entre la tasa de intervención y el yield de los bonos soberanos.

DESCRIPCIÓN DE DATOS

Se cuenta con las siguientes variables: Producto interno Bruto (PIB) de Colombia, Tasa de inflación, Tasa de intervención y Rendimientos de los TES. Todas con una frecuencia mensual, desde el 2013-01 hasta el 2022-12.

Producto Interno Bruto (PIB): Para generar un mayor ajuste en el modelo y evitar generar ruido, se hizo uso del Indicador de Seguimiento a la Economía (ISE) como variable proxy del PIB. La serie se obtuvo del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) con base 2015 (Ver gráfica 1).

Gráfica 1. Indicador de Seguimiento de la Economía (ISE).

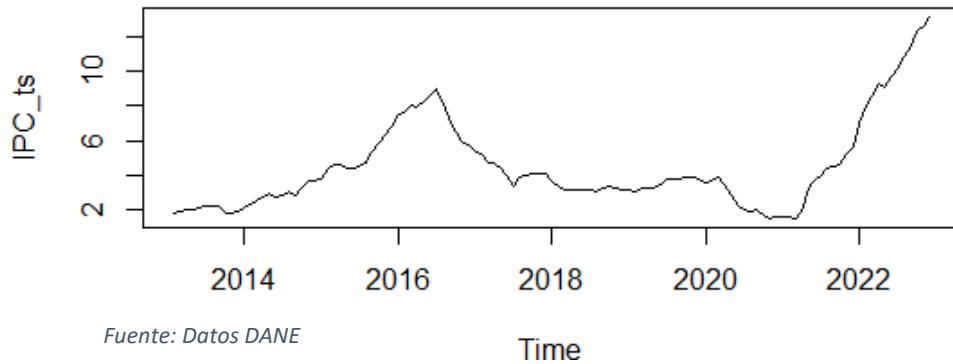


Fuente: Datos del DANE y cálculos propios

En la gráfica se puede observar una tendencia al alza y una caída atípica en el 2020, la cual esta explicada por la desaceleración económica causada por la pandemia del COVID-19. Debido a la tendencia y a la caída atípica, al analizar la gráfica se podría inferir que no es estacionaria.

Tasa de Inflación: Esta serie se obtuvo al igual que el PIB del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), se tomó la variación porcentual del Índice de Precios al Consumidor en frecuencia mensual y para efectos prácticos en el modelo se le sigue llamando IPC (Ver gráfica 2).

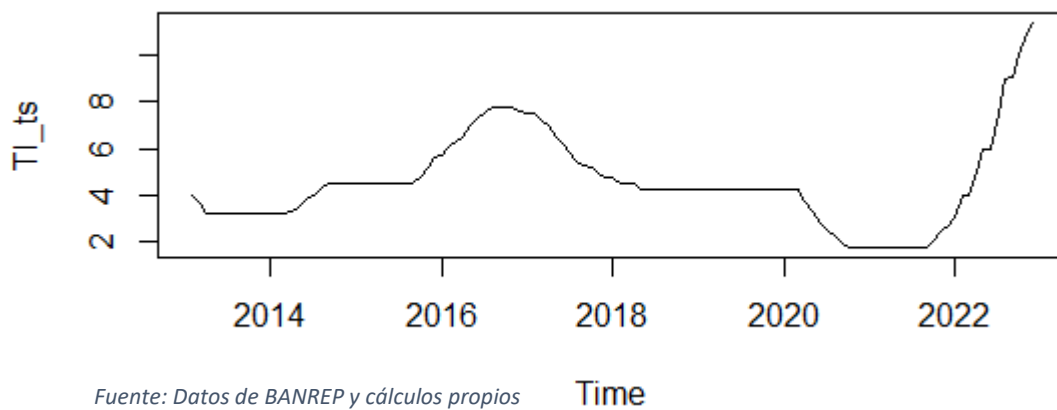
Grafica 2. Variación mensual del IPC



Al analizar la serie de tiempo no se logra ver una tendencia clara, pero se observa una subida acelerada desde mediados de 2021, este evento explicado por la inflación de precios como rezago de los efectos de la pandemia del COVID-19 y la política monetaria expansiva del Banco de la República con el fin de evitar una recesión económica.

Tasa de Intervención (TI): se descargó del Banco de la República con frecuencia diaria, debido a esto se obtuvo un promedio mensual para mantener la misma frecuencia de los demás datos (Ver gráfica 3).

Gráfica 3. Tasa de intervención BANREP

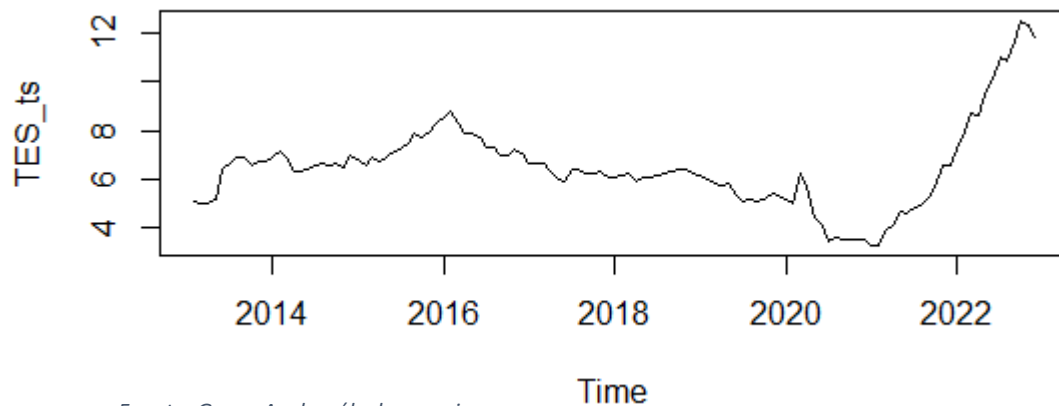


De la gráfica se puede observar un pico a finales de 2016, explicado como una medida en respuesta a la presión cambiaria del dólar y como medida preventiva del Banco de la República para controlar la inflación y mantener la estabilidad financiera del país; después del 3er trimestre del 2020 se ve la formación de un valle debido a la política monetaria expansiva con el fin de

fomentar el consumo y la inversión durante la pandemia del COVID-19, con el fin de reactivar la economía colombiana. Desde finales de 2021 se observa una subida acelerada de la TI, usada como instrumento de política monetaria restrictiva para controlar la alta inflación.

Rendimiento de los Bonos de Tesorería (TES): Esta serie tiene como fuente la base de datos histórica del Grupo Aval y se tomó la referencia de bonos que tienen vencimiento en el año 2024 (Ver gráfica 4).

Gráfica 4. Tasa de rendimiento TES 2024



Fuente: Grupo Aval y cálculos propios

De acuerdo con la gráfica se puede observar que se comporta de manera similar a la TI, cuando esta aumenta el rendimiento de los bonos también lo hace y viceversa, esta es una variable procíclica con respecto a la TI.

El análisis gráfico de las variables nos permitió identificar cuáles son los principales problemas por corregir en las series para poder implementarlas en el modelo, en primer lugar, se propone analizar si las series son estacionarias o no.

Bajo esta premisa se realizó la estimación de las siguientes pruebas (Ver tabla 1):

- Dickey-Fuller Aumentado
- Box test
- KPSS test

Tabla 1. Resultados de las pruebas de estacionariedad

<u>Pruebas de estacionariedad IPC</u>	<u>Valor P</u>	<u>Pruebas de estacionariedad TES</u>	<u>Valor P</u>
Dickey - Fuller	0.96 ❌	Dickey - Fuller	0.65 ❌
Box - test	0.00 ✅	Box - test	0.00 ✅
KPSS	0.08 ✅	KPSS	0.10 ✅

<u>Pruebas de estacionariedad PIB / ISI</u>	<u>Valor P</u>	<u>Pruebas de estacionariedad TI</u>	<u>Valor P</u>
Dickey - Fuller	0.28 ❌	Dickey - Fuller	0.73 ❌
Box - test	0.00 ✅	Box - test	0.00 ✅
KPSS	0.01 ❌	KPSS	0.10 ✅

Fuente: Cálculos propios

Teniendo en cuenta las tres pruebas, nuestro supuesto es considerar estacionarias aquellas series en las cuales al menos 2 de las 3 indiquen que son estacionarias, preferiblemente que estas 2 pruebas sean las mismas para todas las variables, tal y como sucede con las series de IPC, TI y TES donde las pruebas box y KPSS afirman que las series son estacionarias.

En el caso de PIB / ISE se diferencia la serie y se calculan las pruebas para verificar si de esta manera es estacionaria (Ver tabla 2).

Tabla 2. Prueba de estacionariedad PIB/ISE

<u>Pruebas de estacionariedad PIB / ISE</u>	<u>Valor P</u>
Dickey - Fuller	0.07 ❌
Box - test	0.00 ✅
KPSS	0.10 ✅

$$PIB_dif = \ln(PIB_t) - \ln(PIB_{t-1})$$

Fuente: Cálculos propios

En línea con lo planteado anteriormente, después de realizar la diferenciación obtenemos dos resultados, el primero de ellos es que es posible afirmar que ahora la serie PIB / ISE es estacionaria, en segundo lugar, ahora esta serie representa el cambio de un mes a otro y en nuestro modelo veremos como esto afecta a la variable TES.

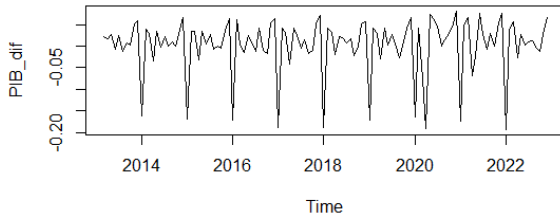
Ahora bien, teniendo en cuenta que tanto IPC como PIB / ISE son variaciones, con el fin de mantener una homogeneidad en las características de las variables, se realiza la diferenciación de la serie TI, se esta manera estaremos analizando como el cambio en crecimiento económico, precio y tasa de intervención afecta el rendimiento de los TES.

La fórmula para diferenciar la variable TI teniendo en cuenta que es porcentual es la siguiente:

$$TI_dif = TI_t - TI_{t-1}$$

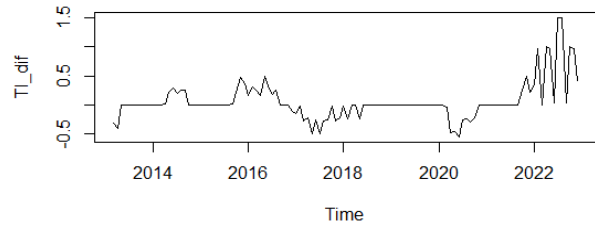
Finalmente, las series de tiempo de PIB_dif y PIB_dif cambian, gráficamente se puede observar que la no estacionariedad de la serie PIB / ISE se ha solucionado y como cambia la serie TI (Ver gráfica 6 y 7).

Gráfica 6. PIB / ISE diferenciado



Fuente: Cálculos propios

Gráfica 7. Tasa de intervención diferenciada



Fuente: Cálculos propios

Ahora bien, en función de estimar un modelo con los parámetros correctos, teniendo en cuenta las características de un VAR la selección de los *lags* óptimos es necesario, para ver en qué momentos las variables explicativas afectan el rendimiento de los TES y en qué magnitudes lo hacen.

La selección de estos rezagos se hace a partir del uso de la función “VARselect” en el software estadístico R, esta función aplica a los datos diferentes metodologías para determinar el número óptimo de rezagos, entre ellas (Ver tabla 3):

Tabla 3. Rezagos óptimos

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
12	3	2	12

Fuente: Cálculos propios

Teniendo en cuenta a Hannan, E. J. and B. G. Quinn (1979), este criterio permite medir el ajuste de un modelo estadístico y es posible usarlo para seleccionar el modelo adecuado entre un conjunto de modelos finito.

Para el caso del modelo VAR estimado en esta investigación se seleccionó bajo el criterio de Hannan Quinn (HQ) que se emplearían 3 rezagos, bajo esta metodología estamos estimando el modelo más ajustado.

MODELO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 4. Resultado modelo TES 2024

Variable	Beta	P value	Momento
TES	1.07	0.00	
TI	0.18	0.25	1
IPC	0.17	0.18	
PIB	0.82	0.18	
TES	-0.20	0.16	
TI	0.30	0.04	2
IPC	-0.21	0.29	
PIB	0.55	0.37	
TES	0.05	0.64	
TI	0.14	0.36	3
IPC	0.05	0.69	
PIB	1.98	0.00	
const	0.50	0.02	

Fuente: Cálculos propios

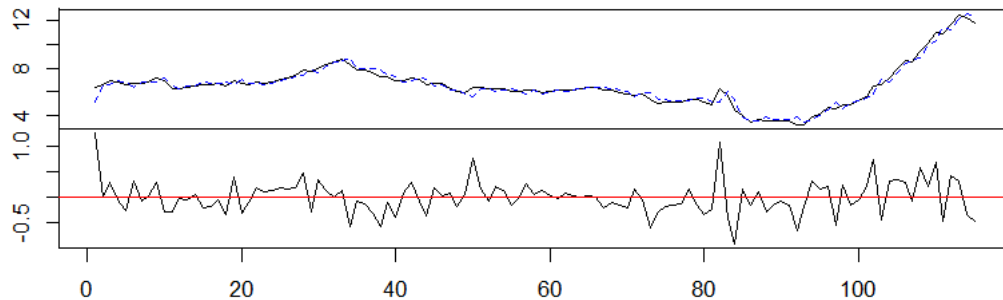
$$TES = (TES_{t-1} * \beta_1) + (TI_{t-1} * \beta_2) + (IPC_{t-1} * \beta_3) + (PIB_{t-1} * \beta_4) + (TES_{t-2} * \beta_5) + (TI_{t-2} * \beta_6) + (IPC_{t-2} * \beta_7) + (PIB_{t-2} * \beta_8) + (TES_{t-3} * \beta_9) + (TI_{t-3} * \beta_{10}) + (IPC_{t-3} * \beta_{11}) + (PIB_{t-3} * \beta_{12}) + \mu$$

La estimación del modelo en diferentes lags permite ver como las variables explican a los TES en diferentes momentos del tiempo, en este caso cada lag es un mes teniendo en cuenta la periodicidad de las series, en línea con los resultados esperados todas estas variables tiene una relación directa con el rendimiento de los TES, a excepción de la variación del IPC con un rezago de 2 meses, adicionalmente cabe resaltar que este efecto no es significativo a todos los nivel de confianza, a un nivel de confianza del 95% las variables TI con un rezago de 2 meses y el PIB / ISE con rezago de 3 meses son significativos, mientras que el IPC solo sería significativo a un nivel de confianza del 80% con un rezago de un mes (Ver tabla 4).

Aunque el modelo no muestre en estos rezagos los efectos del IPC se realizaron pruebas para determinar y validar estos resultados, una de estas es la causalidad de Granger, con esta prueba se validó que los efectos que muestra el modelo son correctos, sin embargo, esta prueba evalúa también un momento 0 del modelo donde la prueba indica que la variación del IPC sí causa la rentabilidad de los TES.

La prueba de causalidad de Granger instantánea plantea que si el valor p de la variable en la prueba es menor a 0.05 ($P < 0.05$), la variable causa instantáneamente a otra, en este caso a los TES. El resultado del IPC en esta prueba fue de 0.008.

Gráfica 7. Resultados gráficos modelo TES 2024



Fuente: Cálculos propios

Adicionalmente dentro de los resultados del modelo resaltamos un ajuste medido con un R de 0.9664 y un R ajustado de 0.9624, lo que indica que las consideraciones sobre rezagos óptimos y elección de las variables es apropiado para poder tener información acertada en este caso sobre el rendimiento de los TES, este resultado del ajuste también puede ser apreciado en la gráfica, donde la línea punteada es la estimación del modelo y la línea continua los datos de la variable TES que se recopilamos.

Adicional a los resultados anteriores se estimaron los resultados del modelo VAR para cada una de las ecuaciones que nos permite estimar, los resultados de este se pueden encontrar en el Anexo 1.

AUTOCORRELACIÓN DE LOS RESIDUALES

Portmanteau Test (asymptotic)

```
data: Residuals of VAR object modelo  
Chi-squared = 37.977, df = 32, p-value = 0.2155
```

Se estima la prueba de Portmanteau- and Breusch-Godfrey, en la cual el valor P es mayor a 0.05 por lo tanto no se rechaza H_0 : Residuales no auto correlacionados.

HETEROCEDASTICIDAD DE LOS RESIDUALES

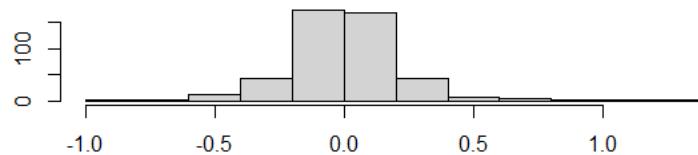
ARCH (multivariate)

```
data: Residuals of VAR object modelo  
Chi-squared = 1000, df = 1500, p-value = 1
```

Para validar la homocedasticidad de los residuales, se realiza el Engles ARCH test, donde con un valor P mayor a 0.05, es posible determinar que los residuales son homocedasticos.

NORMALIDAD DE LOS RESIDUALES

Gráfica 8. Distribución de residuales



Fuente: Cálculos propios

Para determinar si los residuales distribuyen normalmente es posible estimar pruebas o analizar gráficamente como se ven los residuales, en este caso se usó la función “hist” para observar los datos y adicionalmente se estimó la prueba de Jarque-Bera para validar lo observado (Ver gráfica 8).

JB-Test (multivariate)

```
data: Residuals of VAR object modelo  
Chi-squared = 119.01, df = 8, p-value < 2.2e-16
```

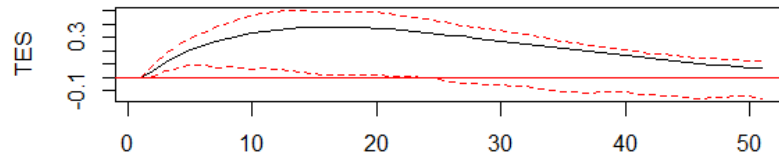
IMPULSOS RESPUESTA

Parte importante del análisis de un modelo de vectores autorregresivos son los impulsos respuesta, estos permiten ver como los cambios en una variable pueden tener un impacto (impulso) y desencadenar una serie de respuestas a lo largo del tiempo en otra variable, para esta investigación el nivel de significancia de los intervalos de los impulsos es del 95%.

El primero de estos se hace con la variable TI, como se puede apreciar en la gráfica los intervalos de confianza se mantienen positivos hasta pasados cerca de 25 meses, la tendencia a

cero del impulso también afirma la validez del efecto de la variable TI sobre el rendimiento de los TES (Ver gráfica 9).

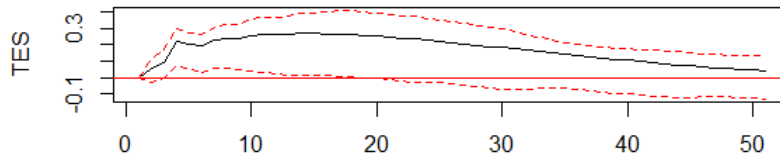
Gráfica 9. Impulso respuesta tasa de intervención



Fuente. Cálculos propios

En cuanto a la variable PIB / ISE los comportamientos de la gráfica son similares a la anterior, aunque la posibilidad de afirmar que hay un efecto es por más pocos meses, este impulso valida la significancia de la variable en un rezago de 3 meses, donde es evidente que el impulso tiene un pico importante (Ver gráfica 10).

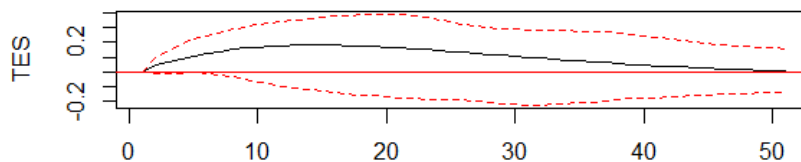
Gráfica 10. Impulso respuesta PIB / ISE



Fuente: Cálculos propios

La variable IPC a diferencia de las dos anteriores, presenta en el impulso respuesta la dificultad de afirmar que hay un efecto de la variable sobre los TES, esto sucede teniendo en cuenta el comportamiento de los intervalos de confianza y que pasan por el 0 desde el inicio de la gráfica del impulso (Ver gráfica 11).

Gráfica 11. Impulso respuesta IPC



Fuente: Cálculos propios

CAUSALIDAD DE GRANGER

La prueba de causalidad de Granger nos permite afirmar si los resultados del modelo son correctos y analizar si realmente cada una de las variables independientes puede predecir a la variable dependiente, las pruebas de causalidad para este modelo se ven así:

Tabla 5. Causalidad de Granger

Variable	Granger	Instantanea
TI	0.027	0.002
IPC	0.500	0.008
PIB / ISE	0.019	0.104

Fuente: Cálculos propios

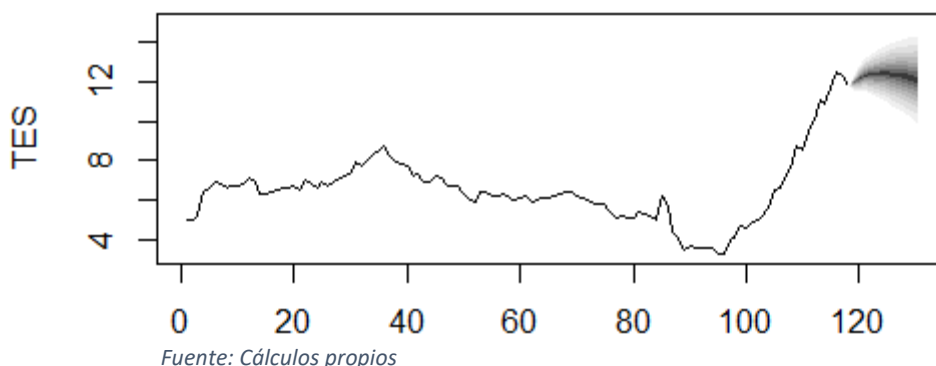
Para la interpretación de estas pruebas la hipótesis nula o H0 tanto para Granger como causalidad instantánea es “no existe causalidad”, si el valor P es mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis, por lo que, en este caso, según la prueba de Granger TI causa a los TES al igual que la variable PIB / ISE, mientras que causalidad instantánea se da nuevamente por la variación de TI y la variación del IPC.

Bajo lo anterior se han validado los resultados iniciales del modelo y que se cumple con los parámetros estadísticos necesarios para validarlo, la significancia de la variación del IPC queda demostrada a través de la causalidad instantánea que el modelo no logra incorporar, mientras que para la variación del PIB / ISE y variación de la TI el efecto es claro desde los resultados iniciales al igual que con la comprobación de los impulsos respuesta y pruebas de causalidad.

PROYECCIÓN

Haciendo uso de la estimación del modelo VAR, se realizó una proyección de cómo se vería el rendimiento de los TES 2024 en los próximos meses, esto con la finalidad de poder emitir una recomendación de inversión.

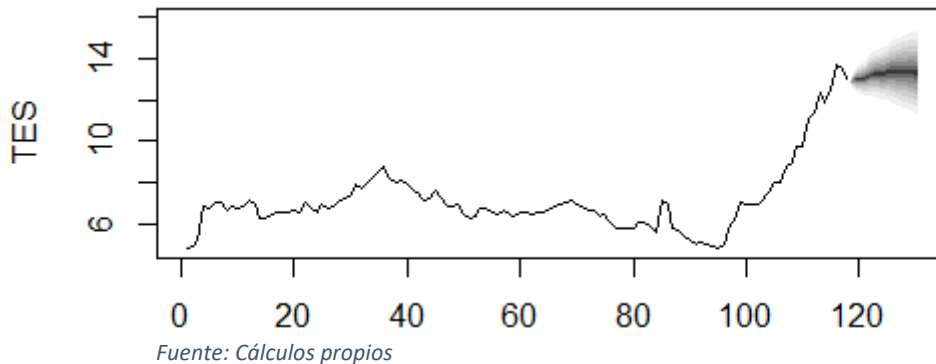
Gráfica 12. Proyección TES 2024



Es importante recordar que la estimación del modelo se hizo con datos hasta diciembre del año 2022 por lo que los primeros 4 meses de la proyección fueron clave para validar la calidad de la proyección, inicialmente se encuentra que el modelo es un poco más optimista y descontó cerca de 150 puntos básicos a las tasas de rendimiento de esta referencia de TES para los meses de enero a abril del 2023, sin embargo, la dirección en la que apunta la proyección está en línea con los supuestos que se hicieron al principio de esta investigación, las expectativas de PIB, inflación y tasa de intervención apuntan a una contracción de éstas, lo que se piensa llevaría a una disminución en el rendimiento de los TES, tal y como se evidencia en la proyección (Ver gráfica 12).

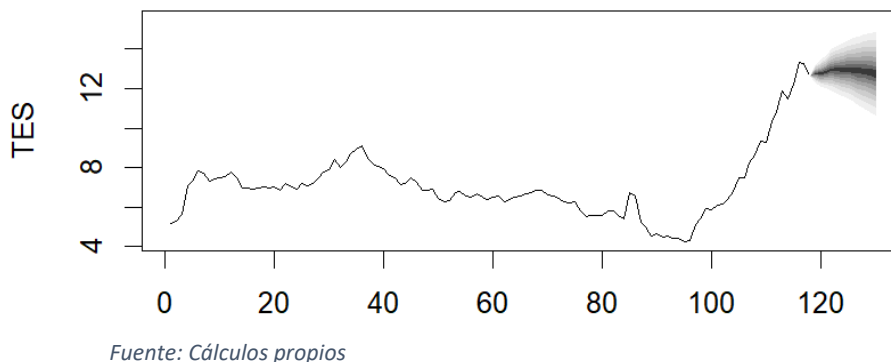
Adicionalmente se realizó la estimación y proyección con un vector histórico de rendimientos de la referencia con vencimiento en junio de 2031 y 2026, ambos modelos al igual que el anterior cumplieron con los supuestos estadísticos necesarios para ser válidos.

Gráfica 13. Proyección TES 2031



Inicialmente de una referencia de más largo plazo como la 2031 es correcto esperar que los efectos de estas variables no sean tan evidentes, sin embargo, el modelo permite hacer una aproximación que parece ser acertada en cuanto a cómo se verían los rendimientos en los próximos 12 meses (Ver gráfica 13).

Gráfica 14. Proyección TES 2026



Por otro lado la referencia con vencimiento a 2026, tiene un comportamiento más similar a la referencia de largo plazo, cabe resaltar que las variables explican mejor el rendimiento de los tes mientras más cerca estén de su vencimiento, sin embargo, para este análisis es valioso resaltar que todas las referencias tienen una tendencia a la baja en sus pronósticos, la más evidente en los TES 2024, es esto relevante debido a que después de un periodo atípico donde estos rendimientos alcanzaron niveles históricos lo que se esperaba de todas las referencias es que durante el año 2023 comenzaran a bajar tal y como lo indica la proyección (Ver gráfica 14).

Teniendo en cuenta el comportamiento de tres bonos colombianos con diferente tiempo al vencimiento, emitir una recomendación de inversión soportada por el comportamiento pasado y que se espera de las variables macroeconómicas TI, Inflación y PIB / IPC es más pertinente.

CONCLUSIONES

Este trabajo buscó analizar la relación entre las principales variables macroeconómicas y la rentabilidad de los TES en Colombia. A través de la revisión de la literatura, se encontró que la rentabilidad de los TES puede ser afectada por diversas variables macroeconómicas, como la tasa de intervención, el PIB, el IPC y el tipo de cambio, entre otras. Asimismo, se encontró que estas variables pueden tener una relación tanto directa como inversa con la rentabilidad de los TES, lo que hace necesario un análisis empírico que permita determinar la dirección de la relación.

Con base en los objetivos planteados, se llevaron a cabo diversas pruebas estadísticas para analizar la relación entre las variables macroeconómicas y la rentabilidad de los TES. Los resultados mostraron que la tasa de interés (TI), el PIB/ISE y el IPC tienen una relación directa con la rentabilidad de los TES, lo que indica que un aumento en estas variables puede llevar a un aumento en la rentabilidad de los TES. Por otro lado, se encontró que la variación del tipo de cambio y la variación del IPC con un rezago de 2 meses no tienen una relación significativa con la rentabilidad de los TES.

Adicionalmente, se realizó una prueba de causalidad de Granger para validar los resultados obtenidos en el modelo. La prueba indicó que la variación del IPC sí causa la rentabilidad de los TES, aunque este efecto no se reflejó en todos los rezagos en el modelo. Por lo tanto, se concluye que el IPC tiene un impacto significativo en la rentabilidad de manera instantánea y que no se mantiene en el tiempo.

En relación con lo hallado por investigaciones anteriores, los resultados del modelo se encuentran en línea con la mayoría de ellos, donde efectivamente se encuentra una relación de los rendimientos de los TES con variables macroeconómicas como las empleadas en esta investigación, (Flórez Á. Soto., 2013) encuentran que tanto PIB, IPC y TI son significativos y explican a los TES, (Alarcón, 2007) también encuentra que estas variables son significativas y afectan los rendimientos, en el ámbito internacional, el modelo de (Neciosup & Chávarri, 2022) demostró que en el caso de Perú variables como el crecimiento económico y la tasa de inflación llevan a un aumento en el rendimiento de los bonos, lo anterior desde una perspectiva empírica.

Desde la teoría, los resultados del modelo empleado en esta investigación son respaldados por el modelo de expectativas de (Fisher, 1930) donde este afirma que el PIB, la inflación y la tasa de intervención, pueden llegar a afectar el precio de los bonos, muy acorde a los resultados presentados en esta investigación.

En cuanto a las preguntas planteadas en la sistematización del problema y los objetivos establecidos, se puede afirmar que esta investigación logró responderlos de manera satisfactoria. En primer lugar, se logró estimar un modelo econométrico que permitió analizar la relación entre las variables macroeconómicas y la rentabilidad de los TES y se encontró que la rentabilidad de estos está influenciada por diversas variables macroeconómicas, como se había planteado en la pregunta inicial. En segundo lugar, se pudo determinar la dirección de la relación entre estas variables y la rentabilidad de los TES, lo que permite a los inversores tomar mejores decisiones en cuanto a la compra o venta de estos títulos. En tercer lugar, se pudo determinar la significancia de cada variable con relación a la rentabilidad de los TES, lo que permite una mejor comprensión de su impacto en el mercado financiero.

Se encontró que la tasa de interés y el PIB/ISE tienen un efecto positivo significativo en la rentabilidad de los TES en diferentes rezagos, mientras que la inflación solo tiene un efecto significativo a un nivel de confianza del 80% con un rezago de un mes.

La validación de los resultados mediante la prueba de causalidad de Granger demostró que la variación del IPC sí causa la rentabilidad de los TES, aunque su efecto no se muestra significativo en los diferentes *lags* en que se evaluó el modelo.

Estos resultados tienen implicaciones importantes para los inversores y el gobierno colombiano, ya que muestran que la rentabilidad de los TES está relacionada con la evolución de las variables macroeconómicas. Los inversores pueden utilizar esta información para tomar decisiones informadas sobre la inversión en TES y para ajustar sus carteras de inversión en función de las fluctuaciones en las variables macroeconómicas. Por otro lado, el gobierno colombiano puede utilizar estos resultados para ajustar su política económica y mejorar las condiciones del mercado de TES.

En cuanto a las limitaciones de esta investigación, es importante señalar que la metodología utilizada se basa en un análisis econométrico y, por lo tanto, no se consideran factores no económicos que también pueden influir en el rendimiento de los TES. Además, la muestra utilizada se limita a un período de tiempo específico y puede ser necesario analizar períodos más largos para tener una visión más completa de la relación entre estas variables.

En conclusión, este trabajo proporciona evidencia empírica sobre la relación entre variables macroeconómicas y el rendimiento de los TES en Colombia. El análisis de los datos muestra que las variables como la tasa de interés, el PIB, el ISE y la variación del IPC afectan

significativamente el rendimiento de los TES en diferentes momentos del tiempo. Además, la causalidad de Granger validó la relación entre la variación del IPC y los TES, demostrando que el IPC influye en el rendimiento de los TES principalmente en el corto plazo.

RECOMENDACIÓN

Ahora bien, bajo los resultados obtenidos en este modelo se espera que los TES mantengan una tendencia al alza hasta mediados del año 2023, las altas tasas de inflación se espera se comiencen a estabilizar y junto a estas una variación negativa de la tasa de intervención (TI), al igual que una contracción del PIB como lo indican las expectativas, en línea con esto y como se demostró por el modelo, el efecto que tienen estas variables sobre el rendimiento de los TES es considerable y directa lo que llevaría en la misma dirección estos rendimientos.

Para efectos de comprensión es importante recordar la relación inversa que existe entre el yield (rendimiento de un bono) y su precio, basado en esto y la proyección de que para finales del año 2023 estos rendimientos serán menores en comparación a la actualidad, la posición más adecuada para tomar ganancias sería estar *“largo”* o *“comprador”*, de esta manera al finalizar el año la valorización de estos títulos permitirá obtener una ganancia dada por la diferencia en precios producto de la caída de sus rendimientos tanto en una referencia de corto o largo plazo.

En conclusión, para la segunda mitad del año 2023 es recomendable invertir en TES, teniendo en cuenta que fue posible analizar cuál sería el comportamiento futuro de los rendimientos de estos títulos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, J. G. (2007). *Determinantes Macroeconómicos de la curva de rendimiento de los TES B en Colombia: Un acercamiento con vectores autorregresivos*. Universidad de los Andes.
- Banco de la República. (2022). Boletín deuda externa de Colombia. . *BANREP*.
- E. A. Copeland. (1952). *The Behavior of Long-Term Interest Rates*.
- Fabozzi, F. J. (2011). *FIXED INCOME ANALYSIS*. John Wiley & Sons, Inc. .
- Fisher, I. (1930). *The Theory of Interest*. *MacMillan*.
- Florez Á. Soto. (2013). *CURVA DE RENDIMIENTOS TES TIPO B: MODELIZACIÓN CON VARIABLES MACROECONÓMICAS: IPC, ACTIVIDAD REAL, TASAS y TREASURYS*. Universidad de los Andes.
- Guatava, I. R. , & G. F. (2006). *ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DE TES CLASE B TASA FIJA EN PESOS – TBFT 10120914 (VENCIMIENTO 12-09-2014) RESPECTO A VARIABLES MACROECONÓMICAS*. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Ministerio de hacienda. (2019). *MISIÓN DEL MERCADO DE CAPITALS*.
- Moreno L., S. (2019). *Evidencia reciente sobre la relación de la curva de rendimientos de Svensson y factores macroeconómicos*. Universidad de los Andes.
- Mota, M. , & M. L. (2018). *La curva de rendimiento y su relación con la actividad económica en México*. Scielo.org.
- Neciosup, E., & Chávarri, F. (2022). *EFECTOS DE VARIABLES REALES Y FINANCIERAS EN LA CURVA DE RENDIMIENTO DE LOS BONOS SOBERANOS EN SOLES*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Nelson, & Siegel. (1987). Parsimonious modeling of yield curves. *Journal of Business*.
- Svensson. (1994). *Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992-1994*.
- Tam, C.-S. , Y. I.-W. (2007). Modelling sovereign bond yield curves of the US, Japan and Germany. *International Journal of Finance and Ec.* .
- Valderrama, Martínez, González, & Ramírez. (2012). *Mercado de Renta Fija Colombiano Evolución y Diagnóstico*.
- Zafra, S. M. (2015). *Funcionamiento del mercado de deuda pública en Colombia: Los anuncios macroeconómicos impactan al mercado de TES?* Universidad de los Andes.

ANEXO

1. Resultados del modelo VAR para las variables TI, PIB/ISE e IPC

Tasa de intervención

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
TES_ts.l1	0.09190	0.05434	1.691	0.09385	.
TI_dif.l1	0.08056	0.08456	0.953	0.34302	
IPC_ts.l1	0.13950	0.06812	2.048	0.04314	*
PIB_dif.l1	0.52880	0.33262	1.590	0.11498	
TES_ts.l2	-0.09262	0.07694	-1.204	0.23142	
TI_dif.l2	0.03063	0.08167	0.375	0.70845	
IPC_ts.l2	-0.09520	0.11062	-0.861	0.39147	
PIB_dif.l2	0.91426	0.33789	2.706	0.00799	**
TES_ts.l3	0.00564	0.05651	0.100	0.92069	
TI_dif.l3	0.61034	0.08505	7.176	1.18e-10	***
IPC_ts.l3	-0.03894	0.06590	-0.591	0.55592	
PIB_dif.l3	0.31827	0.33704	0.944	0.34725	
const	-0.04481	0.11335	-0.395	0.69341	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Residual standard error: 0.1909 on 102 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7092, Adjusted R-squared: 0.6749
F-statistic: 20.73 on 12 and 102 DF, p-value: < 2.2e-16

Variación del IPC

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
TES_ts.l1	0.18807	0.08092	2.324	0.02210	*
TI_dif.l1	0.07948	0.12593	0.631	0.52933	
IPC_ts.l1	1.40378	0.10144	13.838	< 2e-16	***
PIB_dif.l1	0.56067	0.49533	1.132	0.26033	
TES_ts.l2	-0.11114	0.11457	-0.970	0.33431	
TI_dif.l2	0.38086	0.12163	3.131	0.00227	**
IPC_ts.l2	-0.38262	0.16473	-2.323	0.02218	*
PIB_dif.l2	0.88479	0.50318	1.758	0.08168	.
TES_ts.l3	-0.05856	0.08415	-0.696	0.48808	
TI_dif.l3	-0.16505	0.12665	-1.303	0.19546	
IPC_ts.l3	-0.05819	0.09814	-0.593	0.55452	
PIB_dif.l3	0.34628	0.50191	0.690	0.49181	
const	0.05887	0.16879	0.349	0.72799	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Residual standard error: 0.2843 on 102 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9891, Adjusted R-squared: 0.9879
F-statistic: 774.4 on 12 and 102 DF, p-value: < 2.2e-16

ISE

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
TES_ts.11	-0.0110928	0.0163933	-0.677	0.500148	
TI_dif.11	0.0276263	0.0255105	1.083	0.281389	
IPC_ts.11	0.0101147	0.0205503	0.492	0.623641	
PIB_dif.11	-0.4517840	0.1003439	-4.502	1.79e-05	***
TES_ts.12	-0.0092487	0.0232103	-0.398	0.691113	
TI_dif.12	-0.0169244	0.0246393	-0.687	0.493714	
IPC_ts.12	-0.0114639	0.0333718	-0.344	0.731915	
PIB_dif.12	-0.3945926	0.1019349	-3.871	0.000191	***
TES_ts.13	0.0194619	0.0170469	1.142	0.256265	
TI_dif.13	-0.0169942	0.0256577	-0.662	0.509246	
IPC_ts.13	0.0040146	0.0198816	0.202	0.840377	
PIB_dif.13	-0.0080942	0.1016770	-0.080	0.936705	
const	0.0007753	0.0341946	0.023	0.981956	

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.05759 on 102 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.2724, Adjusted R-squared: 0.1868
F-statistic: 3.182 on 12 and 102 DF, p-value: 0.0006823

(variable proxy para medir el PIB)