

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas

Análisis de Sostenibilidad de la Deuda Pública de Ecuador

ADMI-1016

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Grado en Economía

Presentado por:

Pablo Moisés Loor Lázaro

Steven Hernán Hurtado Morales

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Declaración Expresa

Nosotros, Pablo Moisés Loor Lázaro y Steven Hernán Hurtado Morales, acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

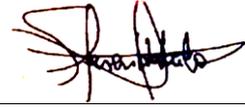
En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 31 de enero del 2023.

Pablo Lóor

Pablo Moisés Lóor

Lázaro



Steven Hernán Hurtado

Morales

Evaluadores

María Cristina Aguirre Valverde

Profesor de Materia

Gustavo Paul Solorzano Andrade

Tutor de proyecto

Resumen

La sostenibilidad de la deuda pública es crucial para la estabilidad económica, siendo un desafío persistente en Ecuador, con experiencias pasadas de crisis. Este estudio se centra en analizar la sostenibilidad de la deuda bajo dos modelos de gobierno: la Revolución Ciudadana, caracterizada por su propensión a acumular deuda, y un gobierno más conservador. La investigación utiliza un modelo VAR y simulaciones de Montecarlo para evaluar la evolución, riesgo y comparar el comportamiento de la deuda pública, buscando determinar cuál de los enfoques gubernamentales demuestra una mejor sostenibilidad. Este análisis es esencial para formular políticas públicas que promuevan la estabilidad económica y fiscal en Ecuador. Se utilizó el software estadístico Stata para la implementación de los modelos econométricos y simulaciones de Montecarlo. Las técnicas aplicadas abarcaron el modelado mediante Vectores Autorregresivos (VAR) y la regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Se encontró que la persistente influencia de políticas fiscales expansivas del gobierno no conservador en el nivel de endeudamiento a largo plazo resulta en un impacto duradero. La sostenibilidad de la deuda pública se ve fuertemente influenciada por las políticas fiscales, evidenciando una gestión más cautelosa en gobiernos con enfoque restrictivo, respaldado por la convergencia de resultados entre los modelos.

Palabras Clave: Sostenibilidad, Políticas fiscales, Vectores Autorregresivos, Simulaciones de Montecarlo.

Abstract

The sustainability of public debt is crucial for economic stability, posing a persistent challenge in Ecuador with past experiences of crises. This study focuses on analyzing debt sustainability under two government models: the Citizen Revolution, characterized by a tendency to accumulate debt, and a more conservative government. The research employs a VAR model and Monte Carlo simulations to assess the evolution, risk, and compare the behavior of public debt, aiming to determine which governmental approach demonstrates better sustainability. This analysis is essential for formulating public policies that promote economic and fiscal stability in Ecuador. The statistical software Stata was used for implementing econometric models and Monte Carlo simulations. The applied techniques encompassed modeling through Vector Autoregressive (VAR) and Ordinary Least Squares (OLS) linear regression. It was found that the persistent influence of expansive fiscal policies by the non-conservative government on long-term indebtedness leads to a lasting impact. The sustainability of public debt is strongly influenced by fiscal policies, revealing a more cautious management in governments with a restrictive focus, supported by the convergence of results between the models.

Keywords: Sustainability, Fiscal Policies, Vector Autoregressive, Monte Carlo Simulations.

Índice general

Evaluadores	I
Resumen	II
Abstract	III
Índice general	IV
Índice de figuras	V
Capítulo 1	10
1.1 Introducción	11
1.2 Descripción del Problema	12
1.3 Justificación del Problema	13
1.4 Objetivos	14
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	14
<i>1.4.2 Objetivo específicos</i>	14
1.5 Marco teórico	14
Capítulo 2	18
2. Metodología.....	19
2.1 Origen de Datos	20
2.2 Ecuación dinámica de la deuda	21
2.3 Modelo VAR de Forma Reducida	22
<i>2.3.1 Especificación del modelo</i>	23
<i>2.3.1 Verificación de la Adecuación del Modelo</i>	24
2.4 Regresión Lineal simple por Mínimos Cuadrados Ordinarios.....	25
2.5 Simulación de Montecarlo	26
Capítulo 3	28
3. Resultados y análisis	29
3.1 Modelo VAR de Forma Reducida	29
3.2 Regresión lineal simple por MCO	31

3.3	Análisis de los Resultados de Simulaciones de Montecarlo.....	32
Capítulo 4	37
4.1	Conclusiones y recomendaciones	38
4.1.1	<i>Conclusiones</i>	38
4.1.2	<i>Recomendaciones</i>	39
Referencias	41

Índice de figuras

Figura 1. Evolución del balance primario: modelo de gobierno no conservador	23
Figura 2. Evolución de la deuda pública: modelo de gobierno no conservador	24
Figura 3. Evolución del balance primario: modelo de gobierno conservador	25
Figura 4. Evolución de la deuda pública: modelo de gobierno conservador	26

Capítulo 1

1.1 Introducción

La sostenibilidad de la deuda pública es un tema que frecuentemente surge en la gestión económica y política de cualquier nación. Permite discernir cuándo la situación fiscal de un país se ve afectada por factores como un crecimiento económico limitado, altas tasas de interés derivadas del pago de la deuda, déficits primarios recurrentes o un nivel de endeudamiento elevado. Cuando los niveles de deuda exceden la capacidad de pago de los países, la economía corre el riesgo de enfrentar una crisis de deuda.

En América Latina, la inestabilidad económica entre 1980-2002 comenzó con la crisis de deuda de los 80, conocida como la "década perdida" por el atraso en crecimiento y desarrollo. Durante este periodo, existió un acelerado endeudamiento externo que llevó a que varios países no pudieran pagar la deuda por el alza de tasas de interés en EE.UU., provocó la suspensión del acceso a financiación externa (Merchán & Montero, 2023).

Para el entendimiento del estudio, es importante señalar que, en Ecuador la Revolución Ciudadana, se representa como un enfoque político particular de izquierda, por lo que se erige como un punto focal en este estudio. Su inclinación hacia la acumulación de deuda como una estrategia para financiar programas sociales y proyectos de infraestructura plantea interrogantes cruciales sobre la viabilidad y estabilidad económica a largo plazo (Patiño Aroca, R. & Mora Witt, G., 2019). En contraste, el gobierno más de derecha, que busca un equilibrio entre la intervención estatal y la iniciativa privada, se presenta como un contrapeso potencial en términos de gestión fiscal y sostenibilidad financiera.

Es crucial contextualizar los desafíos relacionados con la sostenibilidad de la deuda pública, considerando no solo el volumen total de deuda, sino también la relación entre los flujos fiscales y la deuda. Para ello, la investigación, utilizará dos metodologías, un modelo VAR, centrándose en dos modelos de gobierno distintos: la Revolución Ciudadana (RC), caracterizada

por su propensión a acumular deuda, y un gobierno más de derecha. Por otro lado, a partir de los parámetros encontrados con el modelo VAR se realizarán simulaciones que complementarán los resultados. Estas simulaciones proporcionarán un escenario prospectivo, permitiendo la evaluación de posibles escenarios futuros y la identificación de riesgos potenciales asociados con cada modelo de gobierno. Con el fin de determinar y comparar las dinámicas de endeudamiento bajo estos dos paradigmas.

La meta es determinar cuál de los dos enfoques gubernamentales, la Revolución Ciudadana o un gobierno de derecha, demuestra una mejor sostenibilidad de la deuda pública. Esto contribuirá a entender cómo las decisiones políticas y económicas impactan la salud financiera a largo plazo, proporcionando información valiosa para formular políticas públicas que promuevan la estabilidad económica y la sostenibilidad fiscal.

1.2 Descripción del Problema

La sostenibilidad de la deuda pública ha sido un desafío persistente para la estabilidad económica de Ecuador (Londoño et al., 2021). El rápido endeudamiento externo en las décadas de 1980 y 1990 llevó al país a una severa crisis financiera, conocida como la "década perdida" por el estancamiento del crecimiento. Esta experiencia resalta los riesgos de un alto endeudamiento cuando excede la capacidad de pago real de la economía.

En el periodo comprendido entre el 2007 hasta el 2017, bajo el modelo de la Revolución Ciudadana, Ecuador volvió a embarcarse en un agresivo incremento del endeudamiento público para financiar programas sociales y proyectos de inversión. Si bien estos programas buscaban mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos, dependieron en gran medida de fuentes externas de financiamiento. Al 2021, la deuda pública total de Ecuador ascendió a cerca del 60% de su PIB, una de las ratios más elevadas de la región (Datosmacro, 2022).

Este acelerado crecimiento de la deuda bajo el periodo de mandato del gobierno de izquierda (2007 - 2017) ha encendido las alertas sobre la sostenibilidad a mediano y largo plazo. Varios factores como el déficit fiscal, la dependencia de los ingresos petroleros y las crecientes necesidades de financiamiento, ponen en duda la capacidad del país para honrar sus obligaciones futuras. Esta situación se ve agravada por el limitado acceso a financiamiento externo tras incumplimientos históricos.

Determinar la verdadera sostenibilidad de la deuda pública ecuatoriana requiere un profundo análisis de la relación entre las finanzas del gobierno, el crecimiento económico, y la carga de intereses bajo los distintos modelos políticos. Las implicaciones de repetir errores del pasado serían nefastas para la estabilidad social y económica del país. De allí la importancia de este estudio para entender los riesgos, comparar estrategias y formular recomendaciones sólidas de política fiscal.

1.3 Justificación del Problema

La sostenibilidad de la deuda pública constituye un aspecto crucial para la estabilidad macroeconómica de cualquier nación, dado que un elevado endeudamiento que ponga en riesgo la capacidad de pago del Estado en el futuro, lo que podría desencadenar crisis económicas y fiscales graves. En este sentido, Ecuador cuenta con una historia marcada por tales sucesos. En la última década, Ecuador ha experimentado un notable aumento en su deuda pública, elevándose de un 18.74% en 2012 a un 57.69% en 2022 en comparación con el PIB, para financiar gasto social e inversión pública (Datosmacro, 2022). En esta situación, determinar la sostenibilidad de este endeudamiento es importante para poder predecir y evitar crisis futuras. Además, existe necesidad de comparar la dinámica de endeudamiento de la Revolución Ciudadana frente a gobiernos más orientados al libre mercado. Esto permitiría identificar fortalezas y debilidades de cada modelo en términos de gestión fiscal.

A su vez, el análisis riguroso de la relación entre variables fiscales y endeudamiento bajo diferentes escenarios políticos generaría información de alto valor para la formulación de políticas económicas prudentes. Por consiguiente, los resultados del estudio tendrían implicaciones importantes para la capacidad de Ecuador de acceder a financiamiento externo en el futuro. Demostrar sostenibilidad fiscal es crucial para recuperar credibilidad ante prestamistas e inversionistas; por lo que, un mejor entendimiento de los riesgos fiscales permitirá diseñar mejores mecanismos de manejo de deuda, y reformas estructurales para potenciar el crecimiento económico. La salud financiera del Estado es indispensable para el bienestar común del país.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la sostenibilidad de la deuda pública en Ecuador considerando dos modelos de gobierno: uno de carácter conservador con política fiscal restrictiva, y otro no conservador con política fiscal expansiva.

1.4.2 Objetivo específicos

1. Analizar la evolución de la deuda pública a lo largo del tiempo mediante la aplicación de un modelo VAR y regresión lineal simple.
2. Identificar el nivel de riesgo de la deuda pública frente a posibles shocks económicos por medio de simulaciones de Montecarlo.
3. Comparar el comportamiento de la deuda pública entre modelo de gobiernos conservadores y no conservadores.

1.5 Marco teórico

La dinámica de la deuda pública se encuentra vinculada a dos conceptos esenciales: la solvencia del sector público y la sostenibilidad de la política fiscal. La solvencia en este contexto se deriva de la restricción presupuestaria intertemporal que gobierna las finanzas del sector público. Para abordar este asunto, varios investigadores han llevado a cabo estudios

significativos en esta área. Dentro de la amplia gama de trabajos relevantes que influyen en la perspectiva de este tema, se encuentran las contribuciones de autores como Buitter (1985), exploró la relación entre la deuda pública y el déficit, examinando su impacto en la coherencia fiscal y la inflación, y Blanchard (1990) estableció condiciones para la sostenibilidad de la deuda, resaltando la convergencia a largo plazo de la relación deuda/PIB y la importancia de mantener excedentes presupuestarios primarios. Ambos autores afirmaron que la sostenibilidad de la deuda se logra cuando la relación deuda/PIB se mantiene constante y se generan excedentes primarios para hacer frente a la misma (Merchán & Montero, 2023).

Los hallazgos presentados por Ricardo Martner y Varinia Tromben (2004) ofrecen valiosas pautas sobre las políticas que podrían ser aplicadas para asegurar la solvencia a largo plazo. Según los autores, es esencial que los países instauren normativas o reglamentos que garanticen la generación de superávits primarios adecuados para controlar la deuda pública. Es relevante destacar que se han logrado avances significativos con la adopción de criterios de mediano plazo que contribuyen al control del gasto público. Estos desarrollos indican que la "función de reacción" de los países de la región frente a la dinámica de la deuda ha experimentado mejoras sustanciales en los últimos años. Esta evolución es de crucial importancia en el contexto de la sostenibilidad de la deuda pública y la solvencia del Sector Público.

De acuerdo con la investigación de Igor Paunovic (2006) sobre la sostenibilidad de la deuda pública en naciones del norte de América Latina, se llega a la conclusión de que es prudente adoptar una postura precavida hacia el futuro desarrollo de la deuda pública. Esta precaución se fundamenta en el hecho de que varios países, aparte de los dos más endeudados, Honduras y Nicaragua, presentan vulnerabilidades notables en este ámbito. Por lo tanto, la política económica debería otorgar una mayor prioridad en los próximos años al manejo de la deuda pública. El establecimiento de un seguimiento constante se convierte en una herramienta

esencial para identificar tempranamente posibles problemas y tomar medidas correctivas cuando sea necesario. Además, resulta fundamental eliminar las prácticas de subregistro que pueden ocultar las dimensiones reales de la deuda pública y la verdadera situación fiscal de las finanzas públicas. Estos enfoques son esenciales para garantizar la sostenibilidad y la solvencia de la deuda pública en el contexto económico actual (Paunovic ,2006).

El artículo de La Torre, Marsilio, Mendivil y Privilegios (2020), se enfoca en analizar las implicaciones de la ambigüedad y la actitud ambigua en modelos de crecimiento estocástico, especialmente en relación con la deuda pública. Introduce un enfoque novedoso que utiliza sistemas de funciones iterativas en funciones de densidad para comprender de manera más detallada cómo la ambigüedad impacta en el estado estacionario de estos modelos y si se observan posibles propiedades fractales en los resultados. Un tema central abordado en el artículo es cómo abordar eficazmente la incertidumbre basada en información en los modelos macroeconómicos, lo que implica enfrentar la ambigüedad, es decir, la falta de claridad en la percepción de la información disponible (La Torre, Marsilio, Mendivil, & Privilegios, 2020). Las conclusiones clave del estudio destacan que la actitud ambigua puede tener un efecto significativo en el estado estacionario de los modelos de crecimiento estocástico, particularmente en el contexto de la estabilización de la deuda pública. Además, se descubre que el uso de sistemas de funciones iterativas en funciones de densidad puede ayudar a identificar las implicaciones de la ambigüedad en el estado estacionario y a investigar posibles propiedades fractales en los resultados. Estos hallazgos son aplicables en situaciones del mundo real y ofrecen una comprensión más profunda de cómo la ambigüedad influye en la dinámica de la deuda pública. El enfoque de sistemas de funciones iterativas en funciones de densidad también proporciona un marco matemático para modelar la evolución de la deuda pública en condiciones de ambigüedad y formalizar la respuesta de los formuladores de políticas (La Torre, Marsilio, Mendivil, & Privilegios, 2020).

Como mencionan Isabel Rial y Leonardo Vicente (2003), los cuales se basan en datos macroeconómicos recolectados desde 1976 hasta el 2006 de Uruguay, y sin considerar las medidas correctivas posteriores, como el ajuste primario y la reprogramación temporal de la deuda, las simulaciones realizadas para el período 2006-2015, al tomar en cuenta variables macroeconómicas relevantes como la variación real del PIB, la tasa de interés, la inflación, la devaluación nominal, la devaluación real, el Financiamiento por “seignorage” sobre el PIB y el resultado primario sobre el PIB, revelaron que la economía estaba en una situación de insostenibilidad en la deuda pública. Estas simulaciones destacaron la necesidad de introducir correcciones en la dinámica resultante. Específicamente, se concluyó que se requeriría un esfuerzo fiscal permanente equivalente al 2% del Producto Interno Bruto (PIB) en cada año hasta el final del horizonte de proyección para que la Política Fiscal recupere su sostenibilidad; e imperativo fiscal impondría una restricción significativa al margen de maniobra fiscal en el mediano plazo. Un elemento importante relacionado con esta problemática fue un acuerdo realizado entre el Gobierno y el Fondo Monetario Internacional (FMI), en donde el gobierno uruguayo se comprometía, en el mediano plazo, a establecer un superávit de 4% del PIB.

Capítulo 2

2. Metodología

Para el análisis de sostenibilidad de la deuda pública se consideró dos modelos de gobiernos: un modelo de gobierno conservador y uno no conservador. El modelo conservador está caracterizado por poseer una política fiscal restrictiva, mientras que el no conservador una política fiscal expansiva. En otras palabras, se planteó este enfoque para evaluar el comportamiento de la deuda pública en función de la postura fiscal adoptada por el gobierno vigente.

El modelo de gobierno no conservador se definió a partir de una variable ficticia que comprende del año 2007 hasta el 2017. Los periodos restantes definieron el modelo de gobierno conservador. El periodo designado para el modelo no conservador se debió a que en esa etapa gobernó un solo modelo de gobierno, Revolución Ciudadana, y tuvo un papel activo en la implementación de muchas políticas fiscales expansivas a diferencia del resto que lo hicieron en menor medida, así como en el nivel de endeudamiento (Camino & Ortíz, 2019). Además de la uniformidad administrativa del modelo no conservador, se optó por que al menos este comprenda un intervalo temporal continuo.

El proceso utilizado para proyectar la dinámica de la deuda pública en función de ambos modelos está compuesto por la aplicación de: un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) de forma reducida, una regresión lineal por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y, finalmente, las simulaciones de Montecarlo. El análisis econométrico, así como las simulaciones de Montecarlo, se realizaron en el software Stata 17.

2.1 Origen de Datos

La recopilación de información de las variables de interés se realizó a través de dos plataformas en línea: Fondo Monetario Internacional (FMI) y Banco Central del Ecuador (BCE).

En la base de datos “Perspectiva de la Economía Mundial” del FMI, específicamente en la edición de octubre 2023, se obtuvieron los datos anuales del crecimiento del Producto Interno Bruto real, el Índice de Precios al Consumidor y el Balance Primario en términos del PIB (Fondo Monetario Internacional, 2023).

En la base de datos “Información Estadística Mensual” del BCE, se obtuvieron los datos anuales de la Deuda Pública, la Deuda Pública en términos del PIB y los Gastos en Intereses del Estado (Banco Central del Ecuador, 2023).

La información obtenida de estos indicadores abarca más de dos décadas, desde el año 2000 hasta el 2022. La restricción del periodo de tiempo se debe principalmente al impacto que tuvo la dolarización en la economía a inicios del 2000. En general, existe un cambio estructural significativo en la economía que no permite extender el periodo de investigación sin realizar supuestos y ajustes económicos. En este sentido, para mitigar el impacto de la dolarización, se limitó el periodo de investigación desde el año 2002 al 2022.

2.2 Ecuación dinámica de la deuda

La estimación de la deuda se llevó a cabo a partir de la ecuación dinámica que aprovecha la identidad contable relacionando el balance primario (BP) y el balance general (BG) (Eyraud et al., 2017, p. 21):

$$d_t = \frac{1+r_t}{1+g_t} d_{t-1} - bp_t \quad (2.2.1)$$

Donde d_t representa la deuda pública la cual está en relación con el PIB, r_t es la tasa de interés real implícita sobre la deuda pública, g_t es la tasa de crecimiento del PIB real y bp_t es el balance primario en relación con el PIB.

El cálculo de la tasa interés real implícita, r_t , se lo realizó a partir de la siguiente ecuación que relaciona de deuda pública, los gastos en intereses y el índice de precios al consumidor (Dudine, s.f.):

$$r_t = \left(\frac{\frac{GE_t \times 100}{D_{t-1}} - \frac{ipc_t}{100}}{1 + \frac{ipc_t}{100}} \right) \times 100 \quad (2.2.2)$$

Donde GE_t se refiere a los gastos en intereses del Estado, ipc_t al índice de precios al consumidor y D_{t-1} es la deuda pública en el periodo anterior .

Para simplificar el modelo se descarta la posibilidad de que parte de la deuda esté expresada en moneda extranjera, eliminando así la necesidad de abordar los impactos de las variaciones en las tasas de cambio sobre la deuda. Asimismo, se seleccionó la ecuación 2.2.1 para la estimación debido a que relaciona el nivel de deuda pública y el balance fiscal, lo cual ayuda en gran medida a tener una comprensión integral sobre el comportamiento de esta, considerando fluctuaciones en el balance fiscal, a través de la ejecución proyecciones.

2.3 Modelo VAR de Forma Reducida

Se optó por emplear un modelo VAR para estimar la dinámica conjunta entre la tasa de interés real implícita y la tasa de crecimiento del PIB real. La elección se justifica por su gran capacidad para analizar las interrelaciones entre múltiples variables que evolucionan en el tiempo (Stock & Watson, 2001). Estos modelos son particularmente útiles para entender cómo los cambios en una variable pueden influir en otras a lo largo de distintos períodos temporales. La flexibilidad de los modelos VAR permite capturar las dinámicas complejas y las respuestas mutuas entre las variables endógenas, brindando así una herramienta efectiva para explorar las relaciones causales y las interacciones en un contexto temporal.

El modelo VAR(p) de forma reducida se definió con 2 variables endógenas: la tasa de interés real implícita y la tasa de crecimiento del PIB real. Estas variables reflejan los principales componentes de las finanzas del gobierno central que determinan la dinámica de endeudamiento público del país. Por otra parte, dado que la pandemia tuvo un impacto significativo en la economía de Ecuador (Ochoa Escobar et al., 2021), en el modelo se agregó una variable exógena para controlar su efecto y mejorar la capacidad predictiva. Es importante destacar que la variable es ficticia, es decir, toma el valor de uno durante el periodo en el que se desarrolló la pandemia.

El modelo VAR de forma reducida descrito se definió de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} r_{t+1} \\ g_{t+1} \end{bmatrix} = \alpha_0 + A_1 \begin{bmatrix} r_t \\ g_t \end{bmatrix} + A_2 \begin{bmatrix} r_{t-1} \\ g_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + A_n \begin{bmatrix} r_{t-n} \\ g_{t-n} \end{bmatrix} + Bp_t + \begin{bmatrix} \epsilon_{t+1}^r \\ \epsilon_{t+1}^g \end{bmatrix} \quad (2.3.1)$$

Donde r_{t+1} es la tasa de interés real implícita, g_{t+1} es la tasa de crecimiento del PIB real y p_t es la variable exógena (Pandemia). Por su parte, A_i son las matrices que contienen los coeficientes de las variables endógenas mientras que la matriz B de la variable exógena.

El vector del término de error sigue una distribución:

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{t+1}^r \\ \epsilon_{t+1}^g \\ \epsilon_{t+1}^d \end{bmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{bmatrix} \right) \quad (2.3.2)$$

Las hipótesis principales incluyeron la suposición de que el vector sigue una distribución normal con media cero, hay presencia de homocedasticidad, es decir, la varianza es constante y carece de autocorrelación (Londoño, 2005).

El modelo VAR permite analizar las interrelaciones entre ingresos, gastos, déficit y deuda pública. Estas dinámicas determinan el desenvolvimiento fiscal y niveles de endeudamiento del país (Afonso & Jalles, 2019).

2.3.1 Especificación del modelo

En el proceso de especificación del modelo VAR de forma reducida se optó por realizar la prueba aumentada de Dickey-Fuller para determinar si las variables de interés eran estacionarias debido a que gráficamente era desafiante saberlo (véase el apéndice A). Al realizar las pruebas considerando 8 rezago y la tendencia las variables de interés eran estacionarias a nivel (véase el apéndice B). En este sentido, debido a que las variables de interés eran I(0) se descartaron las pruebas para evaluar la cointegración y, por ende, la necesidad de especificar un modelo de vector de corrección de error (VCE) (Londoño, 2005).

El número óptimos de rezagos se lo obtuvo analizando los criterios de información. El software Stata permitió calcularlos empleando el comando *varsoc* (Becketti, 2013). Se estableció un máximo de dos rezagos debido a que, siendo una serie anual y relativamente pequeña, agregar más rezagos resultaría en una pérdida significativa de grados de libertad, lo que podría afectar la robustez del análisis (Wooldridge, 2012). Este enfoque se adoptó considerando tanto la optimización del modelo como las limitaciones prácticas asociadas a la naturaleza de los datos. Además, se agregó como variable exógena a la pandemia (véase el apéndice C).

Luego de determinar el número de rezagos óptimos, se realizó la estimación del modelo VAR considerando la tasa de interés implícita sobre la deuda junto a la tasa de crecimiento del

PIB real como variables endógenas mientras que la pandemia como variable exógena (véase el apéndice D). Además, se estimaron los residuos y la matriz de varianza-covarianza.

2.3.2 Verificación de la Adecuación del Modelo

Se evaluó si existía autocorrelación en el número óptimo de rezagos por medio de la prueba del multiplicador de Lagrange (véase el apéndice E) , la cual utiliza una hipótesis nula para cada rezago que indica que no existe autocorrelación en el rezago evaluado (Johansen, 1995). En cambio, se verificó si los residuos siguen una distribución normal aplicando la prueba de normalidad de Jarque-Bera (véase el apéndice F), donde la hipótesis nula indica que estos están normalmente distribuidos. Por otra parte, se probó la condición de estabilidad del modelo VAR usando el comando *varstable* de Stata (véase el apéndice G). Finalmente, vale recalcar que estas medidas de adecuación se realizaron para validar el modelo VAR.

De manera paralela, se realizó una prueba de causalidad de Granger para evaluar las implicaciones causales que tienen las variables de interés entre sí (véase el apéndice H). La importancia de su aplicación radica en su capacidad para identificar la dirección causal entre las variables (Shojaie & Fox, 2022), en otras palabras, identificar si la tasa real implícita causa la tasa de crecimiento del PIB real o viceversa.

2.4 Regresión Lineal simple por Mínimos Cuadrados Ordinarios

Desarrollar proyecciones a partir de la ecuación dinámica de la deuda implicaba la necesidad de elaborar un modelo de estimación que relacione el balance primario con el nivel de deuda (Dudine, s.f.). En este contexto, se implementó un modelo de regresión lineal simple aplicando el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Este modelo permite describir el comportamiento del balance fiscal al estimar una función de reacción fiscal, asimismo, ayuda a comprender y anticipar la interacción de ambas variables facilitando así la formulación de proyecciones precisas dentro del marco de la ecuación dinámica de la deuda. El modelo de estimación se definió de la siguiente manera (véase el apéndice I):

$$pb_t = \beta_0 + \beta_1 d_t + \beta_2 MG_t + \beta_3 tendencia_t + \epsilon_t, \quad \epsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (2.4)$$

Donde pb_t es el balance primario en relación con el PIB, d_t es la deuda pública en relación con el PIB y MG_t es la variable ficticia sobre la postura fiscal del modelo de gobierno, es decir, determina si se trata de un modelo conservador o no. Asimismo, se agregó la tendencia para capturar el crecimiento sistemático que posee el stock de deuda pública.

La validez del modelo se la realizó mediante el diagnóstico del modelo (véase el apéndice J) comprobando la condición de linealidad, homocedasticidad, la normalidad y asumiendo la independencia de los residuos.

2.5 Simulación de Montecarlo

El método de Montecarlo aborda complejos problemas por medio de la simulación de variables aleatorias y su aplicación se extiende a diversos campos de estudio. La simulación de Montecarlo proporciona una buena aproximación a través de la generación de muestras aleatorias y cálculo estadístico, siendo un método flexible para enfrentar retos como la simulación de sistemas, optimización de procesos, estimación de probabilidades, evaluación de riesgos financieros, entre otros (Rodríguez-Aragón, 2011). En este sentido, las proyecciones de la dinámica de la deuda pública y el balance primario se las realizó por medio del método de Montecarlo porque permite obtener diversos resultados a partir de los mismos datos iniciales al introducir aleatoriedad en el proceso. Esta característica beneficia la evaluación de la variabilidad e incertidumbre mediante la repetición de simulaciones.

La simulación de Montecarlo se lo realizó de la siguiente manera en Stata (véase el apéndice K):

- Se definieron matrices para almacenar los coeficientes de las variables del modelo VAR de forma reducida.
- Se definió la matriz de varianza-covarianza de los residuos y su descomposición de Cholesky.
- Se calculó las medias condicionales de las variables endógenas únicamente ya que la variable exógena no tiene efecto en la simulación, en otras palabras, no se espera que dentro del periodo simulado ocurra una pandemia similar.
- Se definieron parámetros para almacenar los coeficientes de la regresión lineal simple que relaciona el balance primario y la deuda pública. Paralelamente, se calculó la desviación estándar de los residuos.
- Se creó un parámetro que define el límite superior del balance primario.

- Se introdujeron variables ficticias para modelar el tipo de gobierno y la presencia de una pandemia. El modelo de gobierno adopta una postura conservadora si la variable ficticia toma el valor de cero y el valor uno cuando no es conservador. La variable que representa la pandemia se mantiene en cero, asumiendo la no ocurrencia de eventos pandémicos futuros.
- La simulación consistió en iteraciones que ejecutaba shocks aleatorios en el modelo VAR y la regresión lineal simple para generar dos conjuntos de 10 proyecciones de la deuda pública y el balance primario respectivamente. Estas proyecciones se almacenaron en matrices, actualizándose en cada iteración.
- Se llevaron a cabo 1000 iteraciones para la simulación.
- Se calcularon los percentiles 20, 50 y 80 de las 1000 iteraciones para las proyecciones de la deuda pública y el balance primario.
- Finalmente, se crearon dos gráficos de abanico que representan las proyecciones a lo largo del tiempo, mostrando la mediana y el rango intercuartílico (percentiles 20 y 80) de las simulaciones para la deuda pública y el balance primario.

El horizonte de las proyecciones se definió en 10 años (2023-2032). Además, se consideró que para la simulación del balance primario existía un nivel máximo de superávit que la función de reacción fiscal puede alcanzar. En este caso, según Escolano, Jaramillo, Mulas-Granados y Terrier (2014), el límite adecuado para un mercado emergente es 2%.

Entonces, el umbral del balance primario para la simulación quedó expresado de la siguiente manera :

$$pb_t = \min \{pb_{max} = 2, \beta_0 + \beta_1 D_t + \beta_2 MG_t + \beta_3 tendencia_t + \epsilon_t\} \quad (2.5)$$

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Modelo VAR de Forma Reducida

La prueba de Dickey-Fuller indicó que la tasa de interés real y el crecimiento del PIB real son estacionarios a nivel. Los *p-values* de 0.0377 y 0.0282 respectivamente respaldan la estacionariedad, al rechazar la hipótesis nula de un paseo aleatorio. Por otra parte, el análisis de criterios de selección de orden de rezago reveló que el orden de rezago óptimo es 2. Esta conclusión se basó en la observación de que el rezago 2 exhibió la verosimilitud logarítmica y la razón de verosimilitud más altas, así como los valores más bajos de los criterios de información de Akaike, Hannan-Quinn y Schwarz Bayesianos. Estos hallazgos señalaron que un rezago de 2 resultó ser el más apropiado para el modelo, enfatizando la relevancia de seleccionar cuidadosamente el orden de rezago para mejorar el rendimiento del modelo y facilitar la interpretación de los resultados. La coherencia entre los diferentes criterios fortaleció la sugerencia de optar por un rezago de 2 como la elección más favorable.

El modelo VAR(2) de forma reducida estimado quedó expresado de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} r_{t+1} \\ g_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.85 \\ 1.09 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.08 & 0.25 \\ -0.08 & 0.66 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_t \\ g_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.09 & -0.63 \\ 0.06 & -0.30 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{t-1} \\ g_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -8.98 \\ 2.44 \end{bmatrix} p_t + \begin{bmatrix} \epsilon_{t+1}^r \\ \epsilon_{t+1}^g \end{bmatrix} \quad (3.1.1)$$

Los errores siguen la siguiente distribución:

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{t+1}^r \\ \epsilon_{t+1}^g \end{bmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 4.0287781 & -2.4739198 \\ -2.4739198 & 3.9697769 \end{bmatrix} \right) \quad (3.1.2)$$

Los resultados de la prueba de multiplicadores de Lagrange señalaron la ausencia de autocorrelación en un modelo VAR con dos rezagos. Los *p-values* para ambos rezagos fueron superiores a 0.05, indicando la falta de evidencia de autocorrelación. En consecuencia, se concluyó que el modelo VAR con dos rezagos era apropiado, respaldado por la ausencia de patrones sistemáticos de autocorrelación en los residuos. En la prueba de Jarque-Bera, los *p-values* para todas las ecuaciones son mayores a 0.05, lo cual indicó la ausencia de evidencia de no normalidad en el modelo VAR. Por lo tanto, se concluyó que el modelo VAR es adecuado para los datos y que los residuos siguen una distribución normal.

La prueba de estabilidad de eigenvalores en el modelo VAR señaló que todos los eigenvalores cumplían con la condición de estar dentro del círculo unitario, crucial para la estabilidad del modelo. La prueba de causalidad de Granger en el modelo VAR reveló que hay evidencia de que la tasa del crecimiento del PIB real causa Granger a la tasa de interés real implícita, ya que el valor *p* asociado fue menor a 0.05. A pesar de que se podría considerar ajustar el modelo con restricciones estructurales, se prefirió mantener el modelo inicial.

La pandemia en el caso del crecimiento del PIB real tuvo un impacto significativo negativo, lo que refleja la naturaleza perjudicial de eventos inesperados como pandemias en la actividad económica. En la tasa de interés real, la pandemia no parece tener un impacto significativo, lo que podría indicar que las autoridades económicas han tomado medidas para mitigar los efectos en las tasas de interés.

Por otra parte, en la ecuación del crecimiento del PIB real, la tasa de interés real implícita en el segundo rezago tuvo un impacto negativo significativo, lo que indica una persistencia en la influencia de la tasa de interés pasada en el crecimiento económico. En la ecuación de la tasa de interés real implícita, esta tuvo un impacto significativo y positivo en sí misma, lo que sugiere cierta persistencia en las tasas de interés a lo largo del tiempo.

3.2 Regresión lineal simple por MCO

El modelo MCO realizado para las proyecciones del superávit primario:

$$pb_t = 8.28 - 0.07D_t - 5.64MG_t - 0.366tendencia_t + \epsilon_t, \quad \epsilon_t \sim N(0,7.09) \quad (3.2)$$

De acuerdo con el análisis gráfico de linealidad (consulte el apéndice I), se satisface la condición ya que la relación de la deuda pública respecto al PIB parece seguir un patrón polinómico. Aunque rodea la línea de regresión, esto proporciona una aproximación aceptable para afirmar que se cumple con la condición.

En la prueba de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg no se identificaron indicios estadísticamente significativos de heterocedasticidad en el modelo de regresión. Por lo que se pudo afirmar que la variabilidad de los errores se mantiene constante.

La prueba de Shapiro-Wilk mostró que no existían pruebas concluyentes que contradigan la normalidad de los residuos. Esta falta de evidencia sugiere que es razonable considerar válida la suposición de normalidad al realizar el análisis de regresión.

La regresión cumple consistentemente con los supuestos fundamentales, garantizando robustez y confiabilidad. Esto respalda su validez como herramienta apropiada para explicar y prever relaciones significativas en los datos.

Los coeficientes en el modelo de regresión destacan la relevancia significativa de la variable que determina el modelo de gobierno y la tendencia en la explicación del balance primario, evidenciando una relación negativa. Esto implica que cambios en el modelo de gobierno y tendencias a lo largo del tiempo están asociados con variaciones en el balance primario, y la magnitud negativa de los coeficientes sugiere que un modelo de gobierno no conservador y una tendencia decreciente están vinculados a un menor balance primario.

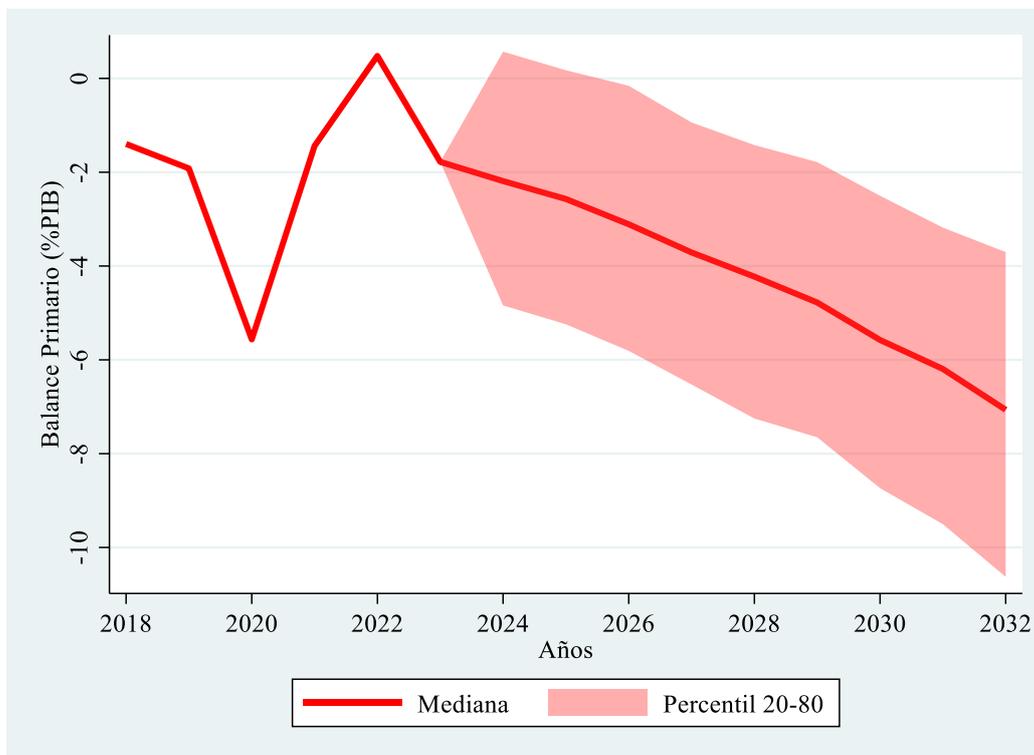
No obstante, la ausencia de relevancia estadística en el coeficiente asociado a la variable de deuda pública sugiere que su efecto lineal sobre el balance primario no alcanza significancia, lo que indica que puede haber otras variables o relaciones no contempladas que ejercen una influencia más sustancial sobre el balance primario.

3.3 Análisis de los Resultados de Simulaciones de Montecarlo

El análisis de las trayectorias proyectadas para las cuentas fiscales revela discrepancias notables entre los diversos escenarios considerados. En el contexto de modelos de gobiernos no conservadores, la Figura 1 ilustra una tendencia pronunciada hacia déficits primarios persistentemente negativos. Se anticipa que estos déficits experimentarán una ampliación progresiva a lo largo del tiempo, partiendo de un déficit inicial de -1% para alcanzar aproximadamente -7% al concluir el período proyectado.

Figura 1

Evolución del balance primario: modelo de gobierno no conservador.

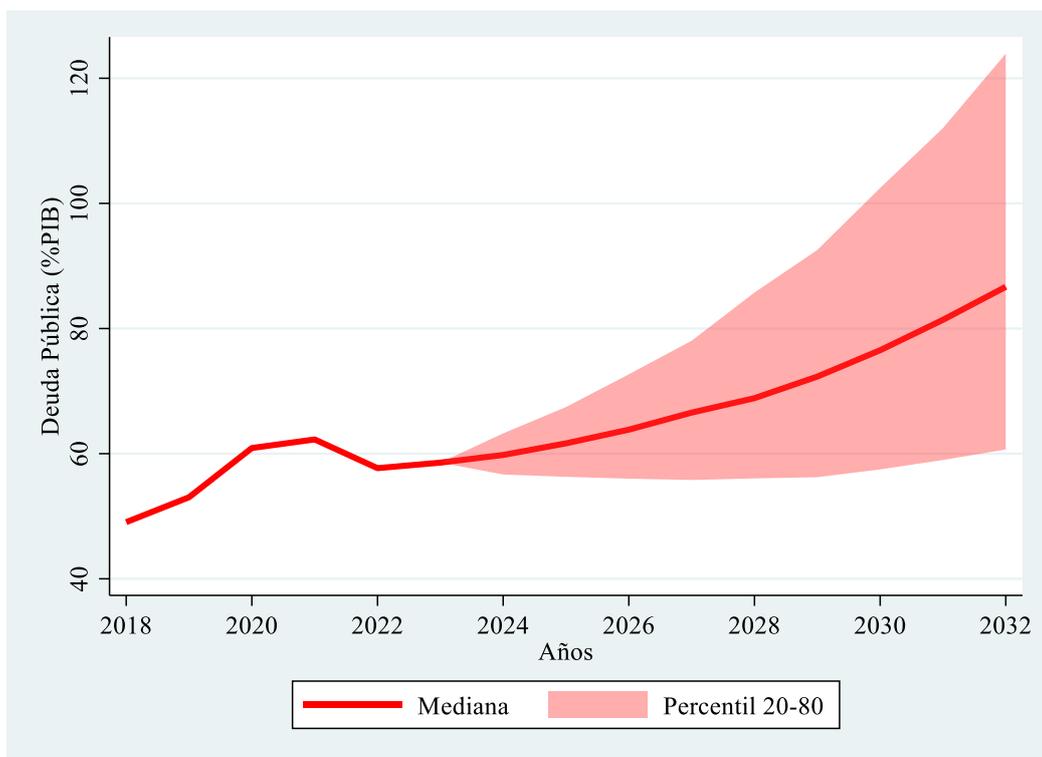


Este patrón sugiere una dinámica fiscal caracterizada por una acumulación creciente de desequilibrios primarios bajo la influencia de políticas fiscales no conservadoras. Este fenómeno puede tener implicaciones significativas para la estabilidad fiscal.

.La amplitud de los percentiles reflejan un riesgo significativo asociado con las proyecciones fiscales, sugiriendo mayores niveles de riesgo en los posibles escenarios futuros.

Figura 2

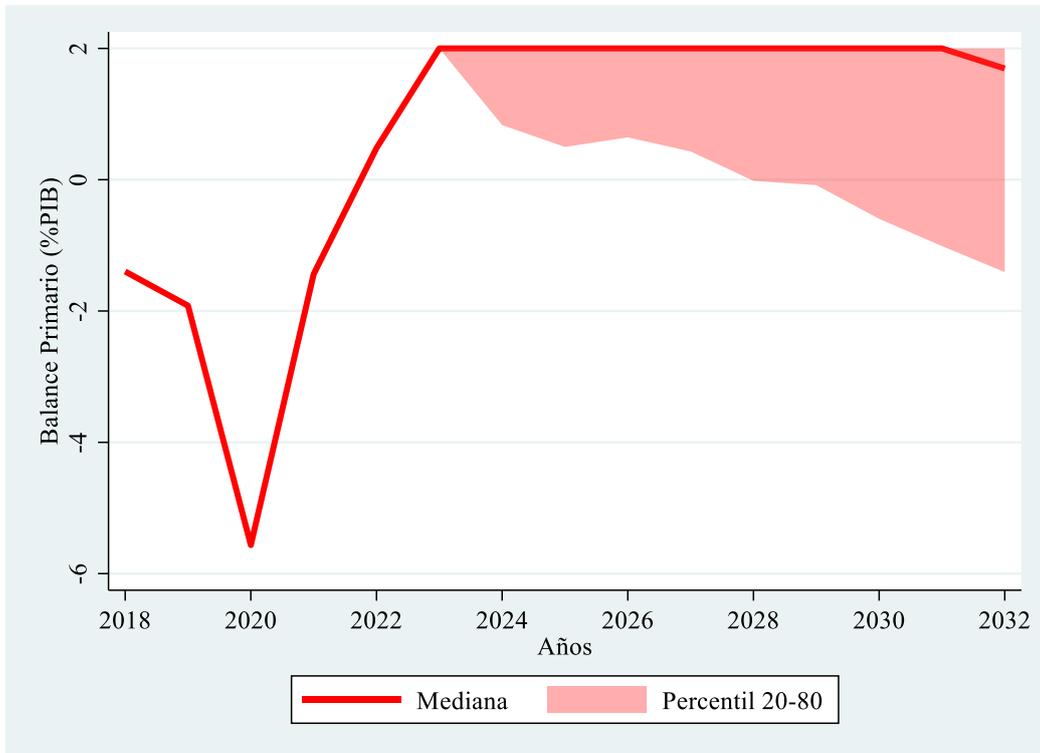
Evolución de la deuda pública: modelo de gobierno no conservador.



Simultáneamente, como se puede observar en la Figura 2, el sendero proyectado de la deuda pública en relación con el PIB es creciente a lo largo de todo el período, incrementándose desde un nivel inicial aproximado de 60% hasta un máximo aproximado de 85% al final del horizonte de proyección. Sin embargo, también resulta claro que el rango de percentiles es más ancho conforme se avanza en el tiempo, lo cual sugiere que la capacidad de variación es mayor en comparación con el excedente primario, así como el nivel de riesgo.

Figura 3

Evolución del balance primario: odelo de gobierno conservador.



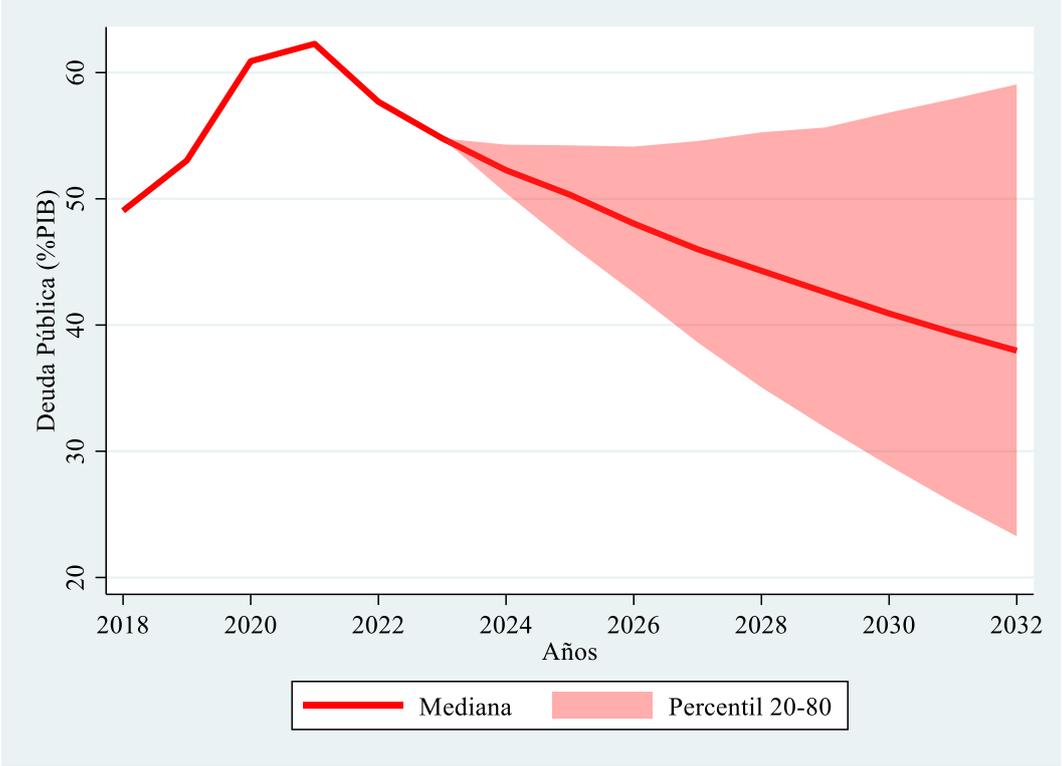
De acuerdo con la representación gráfica en la Figura 3, que, al considerar un modelo de gobierno conservador, se anticipa una trayectoria fiscal notablemente más sostenible, pero extremadamente fijada al límite establecido del balance primario en 2%. Aunque se aprecia una tendencia lineal en el superávit primario en este escenario extendido, las proyecciones sostienen que dicho superávit se mantendría en terreno positivo a lo largo de todo el período contemplado, sin experimentar déficits primarios. Este enfoque prudente hacia las finanzas públicas indica una mayor estabilidad y resistencia frente a las fluctuaciones económicas, respaldando así la solidez de las políticas fiscales adoptadas.

Hacia el final del periodo, se evidencia un incremento en el rango de los percentiles, distanciándose gradualmente del límite fiscal establecido para la media. Este fenómeno sugiere

que, bajo las premisas del modelo, se requerirían aproximadamente 10 años para reducir el superávit fiscal.

Figura 4

Evolución de la deuda pública: modelo de gobierno conservador.



En este contexto, es relevante destacar que la limitada dependencia del endeudamiento como principal fuente de financiamiento indica una mayor capacidad del gobierno para administrar sus recursos y asegurar la estabilidad fiscal a largo plazo. A pesar de una leve reducción en la trayectoria del balance primario, la constante presencia de saldos positivos refleja una gestión eficiente de las finanzas públicas. La Figura 4 ilustra cómo la deuda pública experimentaría una disminución gradual, pasando de aproximadamente el 58% del PIB inicial a un mínimo del 38% al concluir el periodo proyectado. Asimismo, dado el incremento progresivo

del rango de los percentiles, se esperaría un mayor riesgo a escenarios futuros respecto al comportamiento de la deuda.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

El modelo VAR subraya la notable influencia de las políticas fiscales expansivas implementadas por el gobierno no conservador, evidenciando efectos duraderos que impactan significativamente en el nivel de endeudamiento a lo largo del tiempo. Esta persistencia en la dinámica de la deuda resalta la importancia de las decisiones fiscales en la configuración del futuro financiero del país.

La regresión lineal, al dividir los gobiernos en conservadores y no conservadores, pone de manifiesto divergencias significativas en el comportamiento de la deuda. Los resultados sugieren que las políticas fiscales restrictivas adoptadas por los gobiernos conservadores están asociadas a una gestión más prudente de la deuda, en comparación con las políticas expansivas de los gobiernos no conservadores. La convergencia de hallazgos entre el modelo VAR y la regresión lineal refuerza la consistencia y validez de los resultados, proporcionando una base sólida para la interpretación de las tendencias en la sostenibilidad de la deuda.

Las simulaciones de Montecarlo agregan un componente adicional al análisis, permitiendo la evaluación de la incertidumbre y el riesgo asociado con las proyecciones de la deuda. Estas simulaciones ofrecen una perspectiva cuantitativa más completa, destacando la variabilidad potencial en escenarios futuros y subrayando la importancia de considerar no solo las tendencias históricas, sino también la incertidumbre inherente a las proyecciones de deuda.

La elección de un periodo continuo para el modelo no conservador, de 2007 a 2017, se fundamenta en la coherencia administrativa de ese periodo, resaltando la importancia de la uniformidad en la evaluación de la sostenibilidad. La falta de relevancia estadística en la variable de deuda pública en la regresión lineal sugiere la posible presencia de otras variables no consideradas que podrían influir de manera más significativa en el comportamiento de la deuda.

Finalmente, se destaca la influencia crucial de las decisiones fiscales en la sostenibilidad de la deuda pública, subrayando la necesidad de políticas fiscales prudentes para garantizar un manejo eficiente y sostenible de las finanzas públicas a lo largo del tiempo.

4.1.2 Recomendaciones

Finalmente, con base en los hallazgos del modelo VAR y las simulaciones estocásticas de sostenibilidad fiscal bajo distintos escenarios político-económicos, se plantearon recomendaciones de política económica orientadas a garantizar niveles prudentes y sostenibles de deuda pública para Ecuador. Específicamente, se proveerán sugerencias en áreas como:

- Reformas impositivas para ampliar la base tributaria, aumentar recaudación fiscal y disminuir dependencia de ingresos petroleros.
- Reglas fiscales efectivas que limiten déficit y obliguen a ahorrar durante periodos de bonanza económica en fondos soberanos.
- Fortalecimiento de capacidades de gestión de deuda, perfil de vencimientos, y renegociación anticipada en épocas favorables.
- Inversión en proyectos de alto retorno que potencien crecimiento económico y capacidad de servicio de deuda a futuro.
- Marco legal e institucional sólido e independiente para la política fiscal, aislado de ciclos políticos.
- Estrategia integral de manejo de pasivos, considerando sostenibilidad conjunta de deuda pública y otras obligaciones como pensiones y seguridad social.

Estas recomendaciones buscarán orientar a Ecuador, independiente del modelo político vigente, hacia una estrategia fiscal sólida y prudente que evite caer en trayectorias problemáticas de endeudamiento insostenible ya observadas en el pasado.

Referencias

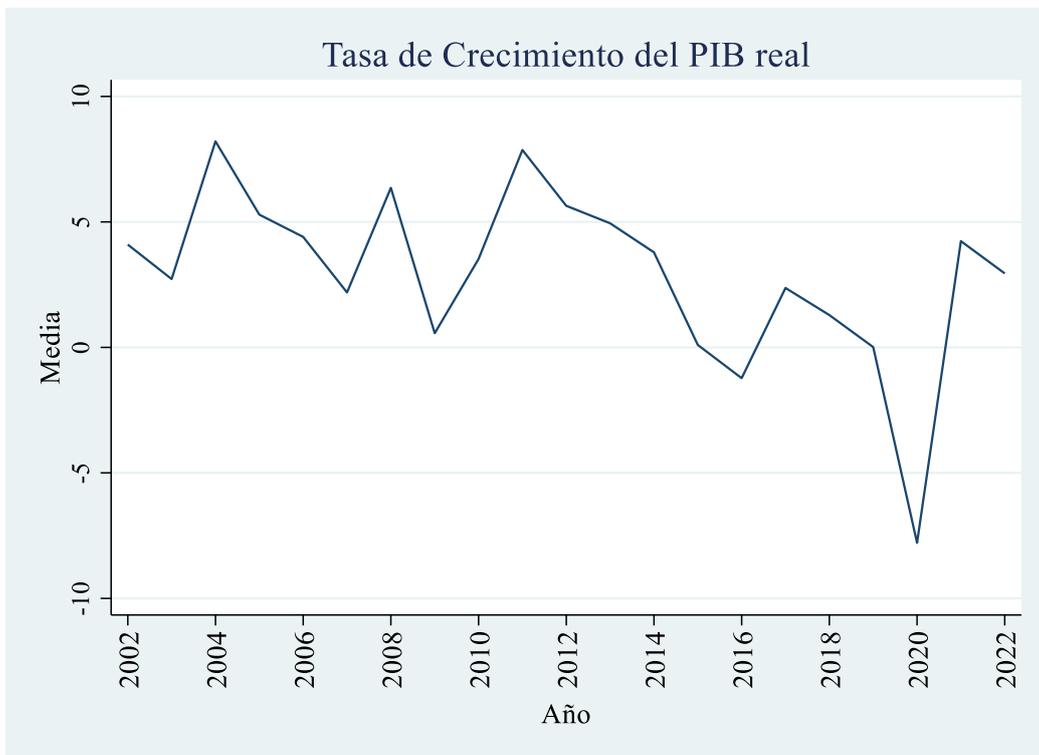
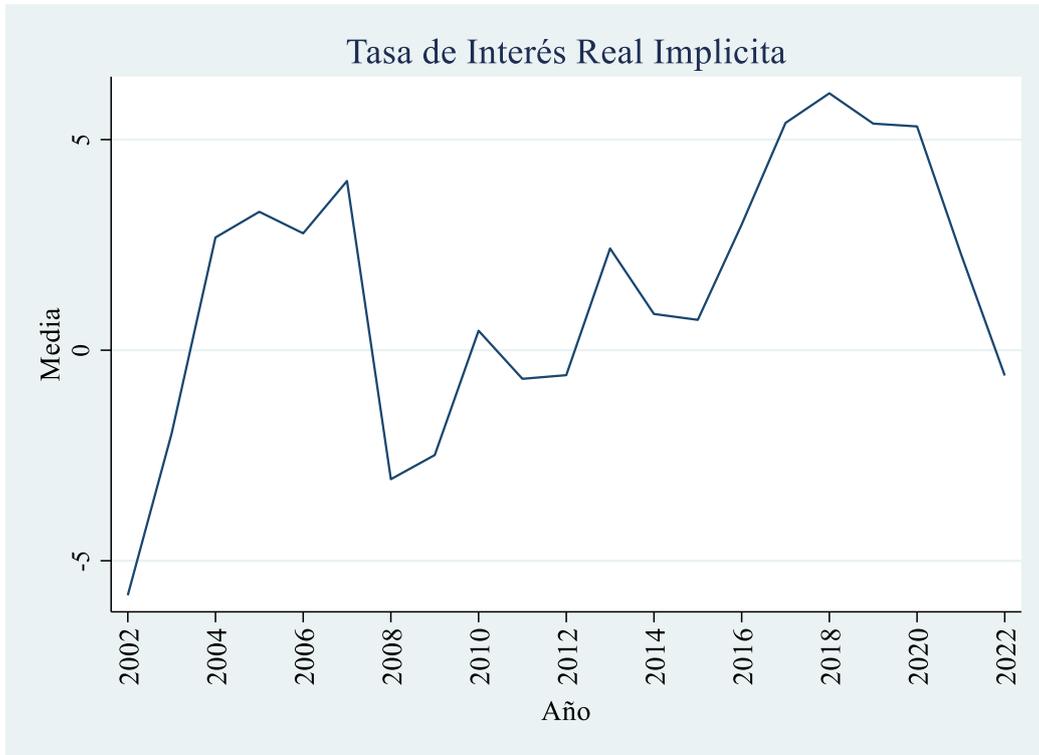
- Merchán Quito, G., & Montero, pedro. (2023). *Vista de Análisis de la dinámica y sostenibilidad de la deuda pública en América Latina | Cuestiones Económicas*. Bce.fin.ec. <https://estudioeconomicos.bce.fin.ec/index.php/RevistaCE/article/view/264/199>
- Patiño Aroca, R., & Mora Witt, G. (2019). *La Revolución Ciudadana del Ecuador: alcances y limitaciones*. América Latina en Movimiento. <https://www.alainet.org/es/articulo/199384>
- Londoño Espinosa, S., Bolívar Reza Paocarina, É., León Serrano, L. A., & Morales Noriega, A. M. (2021). *La sostenibilidad del endeudamiento público en Ecuador: Una visión de mediano plazo*. Podium, 40, 59-74. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2588-09692021000200059
- Beckett, S. (2013). *Introduction to time series using Stata*. Stata Press
- Wooldridge, J. M. (2012). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (5th ed.). Cengage Learning.
- Johansen, S. (1995). *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford: Oxford University Press.
- Shojaie, A., & Fox, E. B. (2022). *Granger causality: A review and recent advances*. Annual Review of Statistics and Its Application, 9, 289-319.
- Paunovic, I. (2006, diciembre). *Sostenibilidad de la deuda pública en los países norteros de América Latina* . <https://repositorio.cepal.org/items/e0a80726-7227-4313-99fa-38834e36eb6b>

- Rial, I., & Vicente, L. (2003, noviembre). *SOSTENIBILIDAD Y VULNERABILIDAD DE LA DEUDA PÚBLICA URUGUAYA: 1988-2015*.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3184029.pdf>
- Martner, R., & Tromben, V. (2004, junio). *La sostenibilidad de la deuda pública, el efecto bola de nieve y el “pecado original”*.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/493bedef-6a06-477b-8b27-1628d3373aa8/content>
- La Torre, D., Marsilio, S., Mendivil, F., & Privilegios, F. (2020, 1 de septiembre). *Public Debt Dynamics under Ambiguity by. DISCRETE AND CONTINUOUS DYNAMICAL SYSTEMS. SERIES B.*, 26, 5873-5903. doi: <https://dx.doi.org/10.3934/dcdsb.2021070>
- Ghosh, A. R., Kim, J. I., Mendoza, E. G., Ostry, J. D., & Qureshi, M. S. (2013). *Fiscal fatigue, fiscal space and debt sustainability in advanced economies. The Economic Journal*, 123(566), F4-F30.
- Fondo Monetario Internacional. (2023). *World Economic Outlook Database; October 2023 Edition*. Recuperado el 25 de octubre del 2023 de <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October/>
- Banco Central del Ecuador. (2023). *Información Estadística Mensual (IEM)*. Recuperado el 25 de octubre del 2023 de <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.html>
- Camino, S., & Ortíz, F. (2019). *La política fiscal en Ecuador: ¿es siempre procíclica?*
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57984.pdf>
- Eyraud, L., Baum, A., Hodge, A., Jarmuzek, M., Kim, Y., Mbaye, S., & Türe, E. (2017). *How to calibrate fiscal rules: A primer. International Monetary Fund*.
- Dudine, P. (s.f.). *Public Debt Dynamics under Uncertainty*. International Monetary Fund. Recuperado el 27 de octubre del 2023 de <https://www.edx.org/learn/economics/the-international-monetary-fund-public-debt-dynamics-under-uncertainty>

- Rodríguez-Aragón, L. J. (2011). Simulación, método de montecarlo. Recuperado de: https://previa.uclm.es/profesorado/licesio/docencia/mcoi/tema4_guion.pdf.
- Escolano, J., L. Jaramillo, C. Mulas-Granados, and G. Terrier. (2014). *How Much Is a Lot? Historical Evidence on the Size of Fiscal Adjustments*. IMF Working Paper 14/179, International Monetary Fund, Washington, DC.
- Ochoa Escobar, L. M., Litardo Uvidia, E. D., & Ortega de la Cadena, E. S. (2021). *La crisis económica ante la pandemia COVID-19 en el Ecuador, periodo 2021*. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores, 9(spe1), 00113. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i.3025>
- Londoño, W. (2005, 24 de noviembre). *Modelos de Ecuaciones Múltiples: Modelos VAR y Cointegración*. Universidad EAFIT, Departamento de Ciencias Básicas, Maestría en Matemáticas Aplicadas. Medellín. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/hc_3_especificacion_var.pdf
- Datosmacro. (2022, 11 de octubre). *Sube la deuda pública en Ecuador 2022*. Datosmacro.com. <https://datosmacro.expansion.com/deuda/ecuador#:~:text=Aumenta%20la%20deuda%20en%20Ecuador&text=Esta%20cifra%20supone%20que%20la,60%2C9%25%20del%20PIB.>

Apéndice A

Series Temporales de la Tasa de Interés Real Implícita y la Tasa de Crecimiento del PIB real



Apéndice C

Criterios de Información para la Selección del Número de Rezagos Óptimos

```
. varsoc tasa_real Crecimiento_PIB_real, exog(pandemia) maxlag(2)
```

Lag-order selection criteria

Sample: 2004 thru 2022

Number of obs = 19

Lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-88.1141				55.8143	9.69622	9.72987	9.89505
1	-85.343	5.542	4	0.236	64.2391	9.82558	9.89288	10.2232
2	-75.6729	19.34*	4	0.001	36.5128*	9.22872*	9.32967*	9.82521*

* optimal lag

Endogenous: tasa_real Crecimiento_PIB_real

Exogenous: pandemia _cons

Apéndice D

Especificación del Modelo VAR, Residuos y Matriz de Varianza-Covarianza

```
. var Crecimiento_PIB_real tasa_real, exog(pandemia) lags(1/2)
```

Vector autoregression

```
Sample: 2004 thru 2022          Number of obs   =          19
Log likelihood = -75.67287      AIC              =   9.228723
FPE              =   36.51284    HQIC             =   9.329672
Det(Sigma_ml)   =   9.873071    SBIC             =   9.825211
```

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
Crecimiento_PIB~1	6	2.40873	0.6906	42.4034	0.0000
tasa_real	6	2.42656	0.4134	13.39146	0.0200

	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
Crecimiento_PIB_real						
Crecimiento_PIB_real						
L1.	.0771614	.1415436	0.55	0.586	-.2002591	.3545818
L2.	-.0903909	.1406738	-0.64	0.521	-.3661065	.1853247
tasa_real						
L1.	.2462259	.2285642	1.08	0.281	-.2017516	.6942035
L2.	-.6334699	.1942164	-3.26	0.001	-1.014127	-.2528128
pandemia	-8.983927	2.202629	-4.08	0.000	-13.301	-4.666852
_cons	3.851323	.8937253	4.31	0.000	2.099653	5.602992
tasa_real						
Crecimiento_PIB_real						
L1.	-.0811316	.1425916	-0.57	0.569	-.3606061	.1983428
L2.	.0599044	.1417154	0.42	0.673	-.2178526	.3376614
tasa_real						
L1.	.6619328	.2302564	2.87	0.004	.2106385	1.113227
L2.	-.3027034	.1956543	-1.55	0.122	-.6861788	.0807721
pandemia	2.436688	2.218937	1.10	0.272	-1.91235	6.785725
_cons	1.086189	.9003423	1.21	0.228	-.678449	2.850828

```
. predict residuos, resid
(2 missing values generated)
```

```
. matrix list e(Sigma)
```

```
symmetric e(Sigma)[2,2]
      Crecimient~1      tasa_real
Crecimient~1      3.9697769
      tasa_real     -2.4739198      4.0287781
```

Apéndice E

Prueba del Multiplicador de Lagrange

```
. varlmar, mlag(2)
```

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	4.7041	4	0.31902
2	7.4686	4	0.11310

H0: no autocorrelation at lag order

Apéndice F

Prueba de Normalidad de Jaque-Bera

```
. varlmar, mlag(2)
```

```
Lagrange-multiplier test
```

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	4.7041	4	0.31902
2	7.4686	4	0.11310

```
H0: no autocorrelation at lag order
```

Apéndice G

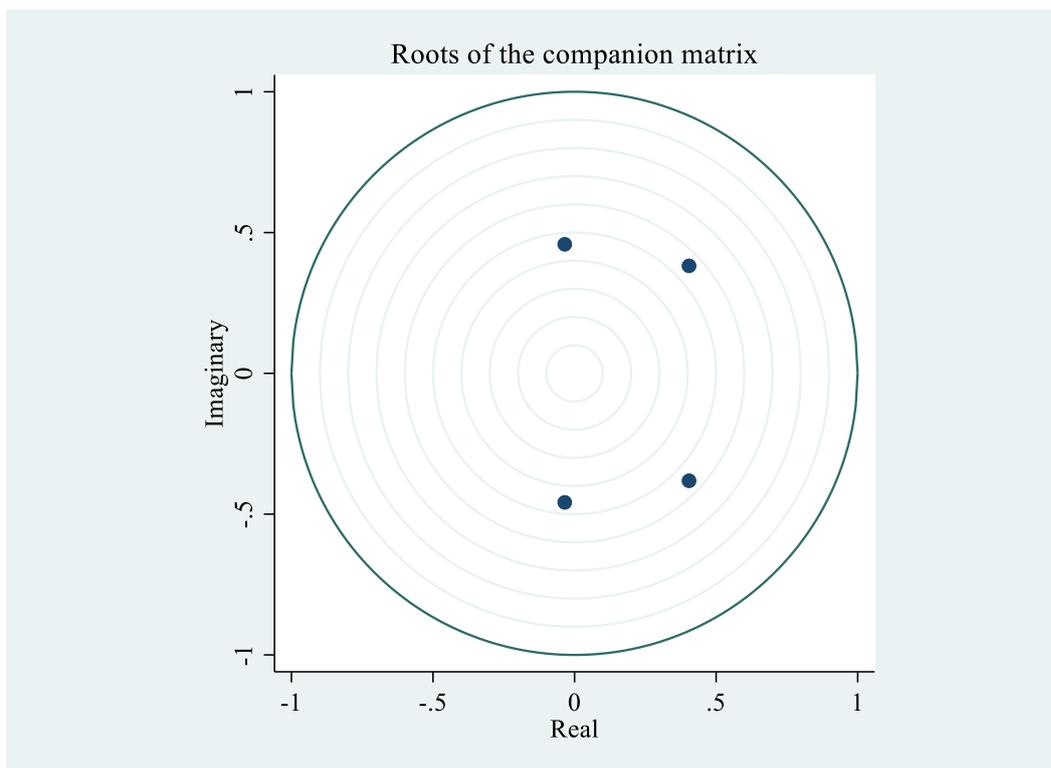
Condición de Estabilidad

```
. varstable, graph
```

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
.4043293 + .3816489i	.556002
.4043293 - .3816489i	.556002
-.03478218 + .458315i	.459633
-.03478218 - .458315i	.459633

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.



Apéndice H

Prueba de Causalidad de Granger

. vargranger

Granger causality Wald tests

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
Crecimiento_PIB~1	tasa_real	11.133	2	0.004
Crecimiento_PIB~1	ALL	11.133	2	0.004
tasa_real	Crecimiento_PIB~1	.44482	2	0.801
tasa_real	ALL	.44482	2	0.801

Apéndice I

Estimación del Balance Primario por MCO

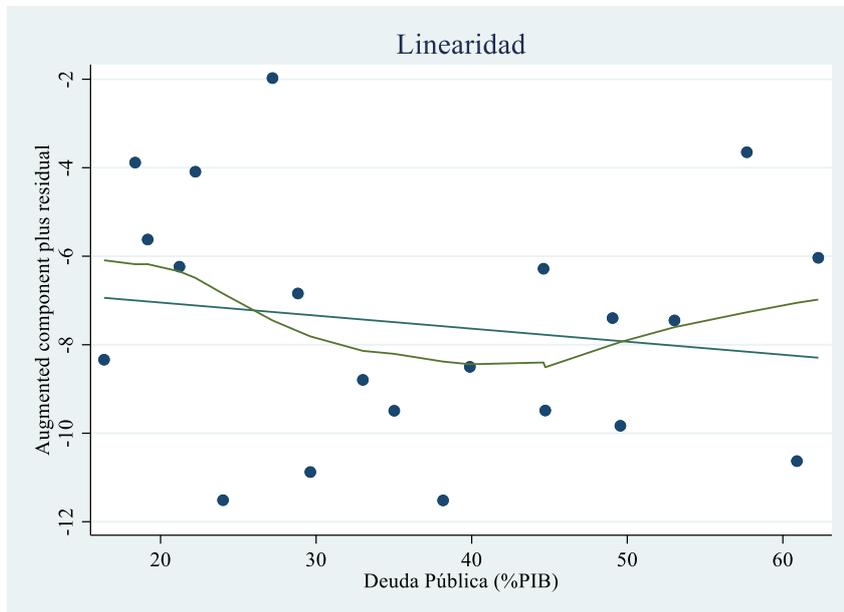
```
. regress Balance_Primary Deuda_PIB Modelo_de_Gobierno tendencia
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	21
Model	247.855386	3	82.618462	F(3, 17)	=	9.90
Residual	141.830323	17	8.34296018	Prob > F	=	0.0005
				R-squared	=	0.6360
				Adj R-squared	=	0.5718
Total	389.685709	20	19.4842855	Root MSE	=	2.8884

Balance_Primary	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
Deuda_PIB	-.0701633	.0970387	-0.72	0.479	-.274897	.1345705
Modelo_de_Gobierno	-5.642209	2.427691	-2.32	0.033	-10.76419	-.5202282
tendencia	-.3662494	.1522934	-2.40	0.028	-.6875604	-.0449383
_cons	8.276214	3.742948	2.21	0.041	.3792838	16.17314

Apéndice J

Diagnóstico del modelo: Linealidad, Homocedasticidad, Normalidad e Independencia



```
. hettest
```

```
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity  
Assumption: Normal error terms  
Variable: Fitted values of Balance_Primary
```

```
H0: Constant variance
```

```
chi2(1) = 2.07  
Prob > chi2 = 0.1506
```

```
. swilk residuos2
```

```
Shapiro-Wilk W test for normal data
```

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
residuos2	21	0.98648	0.331	-2.234	0.98724

Apéndice K

Códigos para el Análisis Econométrico y las Simulaciones de Montecarlo: Software Stata 17

```
clear all
use Datos.dta, clear
* Etiquetas a las variables
label variable Crecimiento_PIB_real "Crecimiento del PIB real"
label variable IPC "Índice de Precios al Consumidor(%)"
label variable Balance_Primary "Balance Primario (% PIB)"
label variable Deuda "Deuda Pública"
label variable Deuda_PIB "Deuda Pública (% PIB)"
label variable Gastos_intereses "Gasto en intereses del Estado"
replace Gastos_intereses = Gastos_intereses/1000 /// Millones a Mil Millones
* Definición de formato
format Periodo %ty
tsset Periodo
* Generación de la tasa de interés real implícita
generate tasa_interés = (Gastos_intereses/l.Deuda)*100
generate tasa_real = ((tasa_interés/100-IPC/100)/(1+IPC/100))*100
label variable tasa_real "Tasa de interés real implícita"
* Especificación del periodo
drop if Periodo < 2002
gen tendencia = _n
* Generación de variables ficticias
generate pandemia = 0
label variable pandemia "Pandemia 2020"
generate Modelo_de_Gobierno = 0
label variable Modelo_de_Gobierno "Modelo de Gobierno"
replace pandemia = 1 if Periodo == 2020
replace Modelo_de_Gobierno = 1 if Periodo >= 2007 & Periodo <= 2017
```

```

/*          Evaluar Presencia de Estacionariedad          */
twoway line tasa_real Periodo, saving(grap1, replace) scale(1) ///
  xlabel(#12, labsize(meidum) angle(vertical)) ///
  yline(`r(mean)') ytitle("Media", size(medium)) ///
  xtitle("Año", size(medium)) title("Tasa de Interés Real Implicita", size(large))

twoway line Crecimiento_PIB_real Periodo, saving(grap1, replace) scale(1) ///
  xlabel(#12, labsize(meidum) angle(vertical)) ///
  yline(`r(mean)') ytitle("Media", size(medium)) ///
  xtitle("Año", size(medium)) title("Tasa de Crecimiento del PIB real", size(large))

* Prueba de DF aumentada.
dfuller tasa_real, trend lags(8)
dfuller Crecimiento_PIB_real,trend lags(8)

/*          Determinación del número óptimo de rezagos          */
varsoc tasa_real Crecimiento_PIB_real, exog(pandemia) maxlag(2)

/*          Modelo VAR          */
var Crecimiento_PIB_real tasa_real, exog(pandemia) lags(1/2)
predict residuos, resid
matrix list e(Sigma)
varlmar, mlag(2)
varnorm, jbera
varstable, graph
vargranger

/*          Estimación del Balance Primario por MCO          */
* Regresión lineal simple
regress Balance_Primary Deuda_PIB Modelo_de_Gobierno tendencia
predict residuos2, resid
di r(Var)
* Linealidad
acprplot Deuda_PIB, lowess title("Linearidad")

```

* Homocedasticidad

hettest

* Normalidad

swilk residuos2

/* Modelo de Simulaciones de Montecarlo */

* Matrices de Coeficientes del Modelo VAR (2)

matrix alpha0 = (3.851323 \ 1.086189)

matrix alpha1 = (0.0771614, 0.2462259 \ -0.0811316 ,0.6619328)

matrix alpha2 = (-0.0903909 , -0.6334699 \ 0.0599044 , -0.3027034)

matrix alpha3 = (-8.983927 \ 2.436688) // Coeficientes de la variable exógena

* Matriz de Varianza - Covarianza de los residuos

matrix Sigma = (4.0287781, -2.4739198 \ -2.4739198, 3.9697769)

* Descomposición de Cholesky de ka Matriz de Varianza - Covarianza

matrix Chol_S = cholesky(Sigma)'

* Medias Condicionales

matrix mu1 = inv(I(2) - alpha1) * alpha0

matrix mu2 = inv(I(2) - alpha1 - alpha2) * alpha0

* Coeficientes MCO

scalar beta0 = 8.276214

scalar beta1 = -0.0701633

scalar beta2 = -5.642209

scalar beta3 = -0.3662494

* Desviación Estandar de los residuos

scalar sigs = sqrt(190.081908 / 18)

* Límite superior del Balance Primario

scalar sbar = 2

* Variable dummy que determina el modelo de gobierno que se está analizando.

scalar RC = 1

* Variable dummy de la pandemia: No se espera una similar en la proyección.

scalar pandemia = 0

* Matriz de proyecciones de la deuda

matrix d = J(1, 11, 0)

scalar obs_2022 = Deuda_PIB[21]

matrix d[1,1] = obs_2022

* Matriz de la tasa de crecimiento del PIB real

matrix g = J(1, 11, 0)

matrix g[1,1] = mu2[1,1] / 100

matrix g[1,2] = mu1[1,1] / 100

* Matriz de la tasa de interés real implícita

matrix r = J(1, 11, 0)

matrix r[1,1] = mu2[2,1] / 100

matrix r[1,2] = mu1[2,1] / 100

* Matriz de el balance primario

matrix s = J(1, 10, 0)

matrix s[1,1] = min(sbar, beta0 + beta1 * d[1,1] + beta2 * RC + beta3 * 1)

* Matriz de variables endógenas

matrix Y = (g[1,1..2] \ r[1,1..2])

* Matrices de almacenamiento para las proyecciones de la deuda y balance primario

matrix dd = J(1000, 10, 0)

matrix ss = J(1000, 10, 0)

* Simulación de Montecarlo: 1000 iteraciones

```
forvalues i = 1/1000 {
    matrix epsi = J(2,10,.)
    forvalues e = 1/10 {
        matrix epsi[1,`e'] = rnormal()
        matrix epsi[2,`e'] = rnormal()
    }
    matrix epsis = J(1,10,.)
    forvalues e = 1/10 {
        matrix epsis[1,`e'] = rnormal()
    }
    forvalues t = 1/10 {
        if `t' > 1 {
            matrix s[1,`t'] = min(sbar,beta0 + beta1 * d[1,`t'] + beta2 * RC + beta3 * `t'
+ sigs * epsis[1,`t'])
        }
        matrix Y1 = alpha0 + alpha1 * Y[1..2,2] + alpha2 * Y[1..2,1] + alpha3 * pandemia
+ Chol_S * epsi[1..2,2]
        matrix Y2 = Y[1..2,2]
        matrix Y = Y2,Y1
        matrix d[1,`t'+1] = (1 + r[1,`t']) / (1 + g[1,`t']) * d[1,`t'] - s[1,`t']
        matrix g[1,`t'+1] = Y[1,2] / 100
        matrix r[1,`t'+1] = Y[2,2] / 100
    }
    forvalues j = 1/10 {
        matrix dd[`i',`j'] = d[1,`j'+1]
    }
    forvalues j = 1/10 {
        matrix ss[`i',`j'] = s[1,`j']
    }
}
```

* Cálculo de los percentiles 20, 50 y 80 de las 1000 iteraciones

```
svmat ss  
svmat dd  
gen dd20 =.  
gen dd50 =.  
gen dd80 =.  
gen ss20 =.  
gen ss50 =.  
gen ss80 =.
```

```
forvalues i = 1/10 {  
  _pctile dd`i', p(20 50 80)  
  replace dd20 = r(r1) in `i'  
  replace dd50 = r(r2) in `i'  
  replace dd80 = r(r3) in `i'  
  _pctile ss`i', p(20 50 80)  
  replace ss20 = r(r1) in `i'  
  replace ss50 = r(r2) in `i'  
  replace ss80 = r(r3) in `i'  
}
```

* Ajustes para realizar el gráfico de abánico

```
keep Deuda_PIB Balance_Primary dd20 dd50 dd80 ss20 ss50 ss80  
drop if _n > 21
```

```
gen ddx20 = dd20  
gen ddx50 = dd50  
gen ddx80 = dd80  
gen ssx20 = ss20  
gen ssx50 = ss50  
gen ssx80 = ss80
```

```

forvalues i = 1/20 {
    replace dd20 = ddx20[ $\text{i}-5$ ] in `i' if _n > 5
    replace dd50 = ddx50[ $\text{i}-5$ ] in `i' if _n > 5
    replace dd80 = ddx80[ $\text{i}-5$ ] in `i' if _n > 5
    replace ss20 = ssx20[ $\text{i}-5$ ] in `i' if _n > 5
    replace ss50 = ssx50[ $\text{i}-5$ ] in `i' if _n > 5
    replace ss80 = ssx80[ $\text{i}-5$ ] in `i' if _n > 5
}
replace dd20 = . if _n < 6
replace dd50 = . if _n < 6
replace dd80 = . if _n < 6
replace ss20 = . if _n < 6
replace ss50 = . if _n < 6
replace ss80 = . if _n < 6
forvalues i = 1/5 {
    replace dd50 = Deuda_PIB[ $\text{i}+16$ ] in `i' if _n < 6
    replace ss50 = Balance_Primaryo[ $\text{i}+16$ ] in `i' if _n < 6
}
drop Deuda_PIB Balance_Primaryo ddx20 ddx50 ddx80 ssx20 ssx50 ssx80
drop if _n > 15
gen Periodo = _n + 2017

```

* Gráfico de Abanico de la Deuda Pública

```

twoway line dd50 Periodo, color(red) lwidth(thick) || ///
    rarea dd80 dd20 Periodo, fcolor(red%40) lcolor(red%0) ///
    xtitle("Años") ytitle("Deuda Pública (%PIB)") ///
    legend(order(1 "Mediana" 2 "Percentil 20-80" ) pos(6) row(1)) xlabel(2018(2)2032)

```

* Gráfico de Abanico de el balance primario

```

twoway line ss50 Periodo, color(red) lwidth(thick) || ///
    rarea ss80 ss20 Periodo, fcolor(red%40) lcolor(red%0) ///
    xtitle("Años") ytitle("Balance Primario (%PIB)") ///
    legend(order(1 "Mediana" 2 "Percentil 20-80" ) pos(6) row(1)) xlabel(2018(2)2032)

```