

**Relación entre el PIB, la Tasa de Desempleo y el S&P 500: Un Análisis Econométrico  
del Periodo 2010-2020**

Juan David Catizado Artunduaga,  
María Paula Artunduaga Galindo

Trabajo presentado como requisito para optar por el título de Economista

Tutor  
William Gilberto Delgado Munévar



Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Administración y Economía

Bogotá, noviembre de 2024

## Resumen

En este estudio se pretende analizar las interacciones dinámicas entre algunas variables macroeconómicas clave y el mercado de capitales, en particular, el índice bursátil S&P 500 de la Bolsa de Valores de Nueva York. La relación entre estas variables ha sido objeto de un extenso estudio debido a su importancia para la formulación de políticas económicas y el diseño de estrategias de inversión. Este proyecto se centra en determinar la relación de algunas variables macroeconómicas esenciales, como el Producto Interno Bruto (PIB) y la Tasa de Desempleo (TDES), sobre el S&P 500 durante el período 2010-2020.

A lo largo de este periodo, caracterizado por recuperaciones económicas, innovaciones tecnológicas y desafíos globales como la crisis financiera de 2008 y sus efectos posteriores, se analiza cómo las fluctuaciones en el crecimiento económico y el mercado laboral afectan al comportamiento del mercado bursátil. La metodología empleada en el análisis utiliza un modelo VAR (Vector Autorregresivo) para capturar las relaciones dinámicas entre el S&P 500, el PIB y la Tasa de Desempleo, permitiendo examinar cómo los shocks en estas variables impactan a las demás en el corto y largo plazo.

Los resultados del análisis muestran que el PIB tiene una influencia significativa sobre el S&P 500 y la Tasa de Desempleo, subrayando la importancia del crecimiento económico en la dinámica de los mercados financieros y laborales. Asimismo, se evidencia una relación bidireccional entre el S&P 500 y el PIB, aunque el impacto del mercado bursátil en la economía real es más limitado. La descomposición de la varianza y las funciones de impulso-respuesta destacan el papel predominante del PIB en la explicación de las fluctuaciones del S&P 500 y la Tasa de Desempleo, con implicaciones directas para la política económica y la inversión a largo plazo.

**Palabras clave:** S&P 500, VAR y ARMA, Macroeconomía, riesgo, rentabilidad, series temporales, volatilidad.

**Clasificación JEL:** G15, G29,C32, C10, G17, C22, G12. E23, E24.

### **Abstract**

In this study, the aim is to analyze the dynamic interactions between key macroeconomic variables and the capital market, particularly the S&P 500 stock index of the New York Stock Exchange. The relationship between these variables has been the subject of extensive study due to its importance for the formulation of economic policies and the design of investment strategies. This project focuses on evaluating the impact of essential macroeconomic variables, such as Gross Domestic Product (GDP) and the Unemployment Rate (UR), on the S&P 500 during the period 2010-2020.

Throughout this period, characterized by economic recoveries, technological innovations, and global challenges such as the financial crisis of 2008 and its subsequent effects, an analysis is conducted on how fluctuations in economic growth and the labor market impact stock market behavior. The methodology used in the analysis employs a VAR (Vector Autoregressive) model to capture the dynamic relationships between the S&P 500, GDP, and the Unemployment Rate, allowing for an examination of how shocks in these variables impact each other in the short and long term.

The results of the analysis show that GDP has a significant influence on the S&P 500 and the Unemployment Rate, highlighting the importance of economic growth in the dynamics of financial and labor markets. Likewise, a bidirectional relationship between the S&P 500 and GDP is evident, although the impact of the stock market on the real economy is more limited. The decomposition of variance and impulse-response functions highlight the predominant role

of GDP in explaining the fluctuations of the S&P 500 and the Unemployment Rate, with direct implications for economic policy and long-term investment.

**Clasificación JEL:** G15, G29,C32, C10, G17, C22, G12. E23, E24.

## Tabla de contenido

<b>1. Introducción</b> .....	8
1.1 Descripción del problema.....	9
1.2 Objetivo general.....	9
1.3 Objetivos específicos.....	9
<b>2. Revisión de la Literatura</b> .....	11
<b>3. Marco teórico</b> .....	19
3.1 Evidencia empírica del modelo VAR (Vector Autorregresivo).....	24
3.2 Teoría clásica de series temporales.....	26
<b>4. Metodología</b> .....	28
4.1 Datos.....	28
4.2 Procedimiento.....	29
4.3 Análisis de las variables.....	31
4.5 Modelo VAR (Vector Autorregresivo).....	36
4.5.1 Especificación del Modelo.....	36
4.5.2 Selección del Número de Rezagos.....	37
4.5.3 Estimación del VAR Modelo.....	38
<b>5. Resultados</b> .....	43
5.1 Interpretación de los Coeficientes.....	43
5.2 Prueba de Causalidad de Granger.....	44
5.3 Pruebas de Diagnóstico del Modelo VAR.....	46
5.4 Prueba de Estabilidad (varstable).....	47
5.5 Prueba de Normalidad de los Residuos (Jarque-Bera Test).....	48
5.6 Prueba de Autocorrelación (Lagrange-Multiplier Test).....	50
5.7 Análisis de Impulso-Respuesta.....	51
5.8 Funciones de Impulso-Respuesta Ortogonalizadas (OIRF).....	51
5.8.1 Shock en D_SP500 (Variaciones en el S&P 500).....	52
5.8.2 Shock en el PIB.....	53
5.8.3 Shock en TDES (Tasa de Desempleo).....	53
5.9 Funciones de Impulso-Respuesta Acumuladas (CIRF).....	54
5.10 Resultados de las CIRF.....	55
5.11 Descomposición de la Varianza.....	55

<b>6. Discusión</b> .....	58
<b>7. Conclusión</b> .....	59
<b>8. Referencias</b> .....	61
<b>Anexos</b> .....	64

## Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Comportamiento del PIB, Tasa de desempleo y del índice S&P500 .....	31
<i>Figura 2.</i> Comportamiento estacional del índice S&P500, PIB y de la Tasa de desempleo. .	34
<i>Figura 3.</i> Círculo Unitario - Estabilidad del modelo .....	48
<i>Figura 4.</i> Impulso-Respuesta Ortogonalizadas .....	52
<i>Figura 5.</i> Impulso - respuesta Acumuladas.....	54
<i>Figura 6.</i> Impulso-respuesta (IRF).....	55

## Lista de tablas

<i>Tabla 1.</i> Descripción Estadística de las Variables Estudiadas .....	33
<i>Tabla 2.</i> Prueba de Dickey-Fuller Aumentada para la Estacionariedad .....	35
<i>Tabla 3.</i> Selección de rezagos .....	38
<i>Tabla 4.</i> Modelo VAR .....	38
<i>Tabla 5.</i> Rezagos S&P 500.....	39
<i>Tabla 6.</i> Rezagos PIB .....	40
<i>Tabla 7.</i> Rezagos TDES .....	41
<i>Tabla 8.</i> Test de causalidad de Granger.....	44
<i>Tabla 9.</i> Prueba varstable condición de estabilidad.....	46
<i>Tabla 10.</i> Kurtosis Test.....	48
<i>Tabla 11.</i> Skewness .....	48
<i>Tabla 12.</i> Jarque-Bera Test.....	49
<i>Tabla 13.</i> Test del multiplicador de LaGrange .....	50

## **1. Introducción**

La relación entre las variables macroeconómicas y los mercados de capitales ha sido objeto de atención constante en el ámbito de la investigación económica y financiera. Los índices bursátiles, como el S&P 500 de la Bolsa de Valores de Nueva York (NYSE), se consideran barómetros clave de la salud económica y del sentimiento del mercado. En este contexto, entender cómo los factores macroeconómicos, tales como el Producto Interno Bruto (PIB) y el desempleo influyen en estos índices, es crucial para la formulación de políticas económicas efectivas y estrategias de inversión informadas.

Este estudio se fundamenta en la necesidad de comprender la compleja interacción entre las variables macroeconómicas y el comportamiento de los mercados bursátiles. La importancia de esta comprensión radica en su capacidad para informar y mejorar las estrategias de inversión, así como para guiar la formulación de políticas económicas que puedan mitigar los efectos adversos de las fluctuaciones económicas. En particular, el análisis del periodo 2010-2020 resulta crucial, dado que abarca un tiempo de recuperación económica tras la crisis financiera global de 2008 y la implementación de políticas monetarias expansivas por parte de la Reserva Federal de los Estados Unidos.

Durante estos años, la Reserva Federal adoptó medidas sin precedentes, como la reducción de las tasas de interés a niveles históricamente bajos y la implementación de programas de flexibilización cuantitativa (Quantitative Easing, QE), que buscaron estimular la economía mediante la inyección de liquidez en los mercados financieros. Estas políticas no solo jugaron un papel fundamental en la recuperación económica, sino que también influyeron de manera directa en el comportamiento del mercado de valores, generando un entorno en el que las variables macroeconómicas y los índices bursátiles se entrelazaron de manera más evidente que en periodos anteriores.

El presente estudio tiene como objetivo principal analizar cómo las variaciones en variables macroeconómicas clave, como el desempleo y el producto interno bruto (PIB), afectaron el rendimiento del S&P 500 durante el periodo 2010-2020. Para ello, se adoptará un enfoque cuantitativo que permitirá identificar y medir la magnitud de estas interacciones, proporcionando así una visión más clara de las dinámicas subyacentes en el mercado de valores.

Además, este análisis responde a la oportunidad única que ofrece el periodo de estudio, marcado por una serie de eventos económicos y políticos que no solo moldearon el mercado de valores en la última década, sino que también establecieron precedentes que podrían influir en las futuras decisiones de política económica y en las estrategias de inversión a largo plazo. La Bolsa de Valores de Nueva York, siendo uno de los mercados más influyentes a nivel global, constituye un campo de estudio ideal para explorar estas dinámicas, dado que sus movimientos no solo reflejan la realidad económica de los Estados Unidos, sino que también repercuten en mercados y economías de todo el mundo.

## **1.1 Descripción del problema**

¿Cómo impactan las fluctuaciones del PIB y la Tasa de Desempleo en el comportamiento del Índice Bursátil S&P 500 en el periodo 2010-2020?

## **1.2 Objetivo general**

Analizar la relación dinámica entre el PIB, la tasa de desempleo y el índice S&P 500 entre 2010 y 2020 a través de análisis estadístico avanzado, empleando el modelo econométrico de vectores autorregresivos VAR.

## **1.3 Objetivos específicos**

Establecer la existencia o no de relación entre las variables PIB, la tasa de desempleo y el desempeño del índice bursátil S&P 500 durante el periodo 2010-2020.

Analizar mediante el modelo VAR, el sistema de ecuaciones dinámicas que examinan la inter- relación entre variables económicas índice S&P 500, PIB y Tasa de desempleo

Proponer argumentos para la discusión basadas en los resultados del análisis estadístico, que faciliten un entendimiento más profundo del comportamiento del mercado bursátil y ayuden a inversores y analistas financieros a comprender mejor las interacciones entre el PIB, la Tasa de Desempleo y el Índice S&P 500.

## 2. Revisión de la Literatura

La relación entre las variables macroeconómicas y los índices bursátiles ha sido objeto de estudio desde hace varias décadas. Estos estudios buscan comprender cómo factores económicos fundamentales pueden influir en el comportamiento de los mercados de capitales y, por ende, en los índices que reflejan dicho comportamiento, como es el caso del S&P 500. A continuación, se presenta una revisión de la literatura que aborda esta temática, proporcionando un contexto teórico y empírico sobre cómo diferentes variables macroeconómicas impactan en los índices bursátiles y cuáles son las teorías y modelos más relevantes en este ámbito de estudio.

Pablo y Chambi (2020) investigó el impacto de variables macroeconómicas sobre la rentabilidad de la Bolsa de Valores de Lima. Utilizando un modelo de mínimos cuadrados, el estudio encontró que la tasa de crecimiento del PIB y el tipo de cambio tienen un efecto positivo en los retornos de la Bolsa de Valores de Lima. En contraste, la tasa de interés y la inflación muestran efectos negativos. Estos resultados sugieren que la rentabilidad bursátil en Lima está vinculada a la fortaleza económica general del país y a la estabilidad del tipo de cambio, mientras que la inflación y las tasas de interés elevadas pueden actuar como frenos al crecimiento del mercado bursátil.

Por otra parte, la investigación de Cándelo, Oviedo y Lozano (2023) sobre la Bolsa de Valores de Colombia (COLCAP) empleó modelos de vectores autorregresivos generalizados (VAR) para analizar la transmisión de la volatilidad desde variables macroeconómicas. Este estudio reveló que el índice COLCAP reacciona positivamente a incrementos en la actividad económica, actividad industrial y precios del petróleo. Sin embargo, mostró una reacción negativa frente a aumentos en la tasa de desempleo y el tipo de cambio real. Se destaca que el

COLCAP actúa como receptor de volatilidad, especialmente durante periodos de crisis e incertidumbre económica.

Estos estudios sugieren que los mercados de valores no son inmunes a las variaciones macroeconómicas y que los inversores deben considerar estos factores al tomar decisiones de inversión. Además, la transmisión de la volatilidad de las variables macroeconómicas a los mercados de valores parece ser un fenómeno común en diferentes economías, independientemente de su tamaño o nivel de desarrollo. Los estudios revisados utilizan diversas metodologías para capturar la relación entre variables macroeconómicas e índices bursátiles. El uso del modelo de mínimos cuadrados (MCO) y modelos de vectores autorregresivos (VAR) son comunes. Por ejemplo, Chambi aplicó el modelo MCO para establecer una relación multivariante entre las variables macroeconómicas del Perú y los retornos de la Bolsa de Valores de Lima. De manera similar, Cándelo et al. utilizaron modelos VAR para identificar cómo la volatilidad de ciertas variables afecta el índice COLCAP, proporcionando una comprensión más profunda de la dinámica entre variables internas y externas y el mercado bursátil.

Factores como el PIB, la inflación, las tasas de interés y la tasa de desempleo juegan un papel crucial en la determinación de los precios de los activos y el comportamiento del mercado. La comprensión de estas dinámicas es fundamental no solo para los inversores y analistas financieros, sino también para los formuladores de políticas que buscan estabilizar y fomentar el crecimiento económico. Así como estos estudios como los siguientes, proporcionan un fundamento sólido para el análisis empírico de cómo las fluctuaciones macroeconómicas impactaron el S&P 500 en el periodo 2010-2020.

Otro estudio relevante para entender el impacto de las variables macroeconómicas en los mercados bursátiles sectoriales es el de Laboriano (2022), quien analiza cómo diversas

variables económicas influyen en los índices sectoriales de la Bolsa de Valores de Lima (BVL). En su investigación, se utiliza un Modelo de Corrección de Errores Vectorial (VECM) y la metodología de cointegración de Johansen para identificar relaciones de largo plazo entre variables como la oferta monetaria, el tipo de cambio, la tasa de interés, la inflación y el PIB, en relación con los índices bursátiles de sectores específicos como el financiero, minero, industrial y de servicios públicos. Los resultados muestran que la oferta monetaria afecta positivamente al índice general IGBVL y a sectores como los servicios públicos y el consumo, mientras que el tipo de cambio tiene un impacto positivo en sectores como el minero y los servicios públicos, pero afecta negativamente al sector industrial. Este análisis de la BVL busca hacernos comprender cómo en diferentes sectores reaccionan de manera diversa a las fluctuaciones económicas.

Además, Laboriano (2022) destaca que la tasa de interés muestra una relación positiva únicamente con los sectores de servicios públicos y consumo, mientras que la inflación tiene un efecto negativo en el índice general y en varios sectores, aunque curiosamente beneficia al sector industrial. El estudio subraya la importancia del análisis sectorial, revelando que cada sector responde de manera distinta a las mismas variables macroeconómicas, lo que sugiere que los inversionistas deben ajustar sus estrategias en función de las particularidades de cada sector. Este enfoque sectorial del mercado peruano resulta especialmente relevante en mercados emergentes, donde las dinámicas económicas pueden ser más volátiles y las decisiones de inversión requieren un análisis más detallado y específico. La investigación de Laboriano (2022) ofrece una valiosa contribución a la literatura sobre mercados bursátiles en economías emergentes, al proporcionar evidencia empírica de cómo las variables macroeconómicas impactan de manera diferenciada a cada sector.

Chen, Roll y Ross (1986) examinan cómo las variables macroeconómicas como la inflación, la tasa de interés, y el crecimiento económico afectan los rendimientos del mercado de acciones. Utilizan un enfoque de modelos de regresión múltiple para analizar los efectos de estas variables en el mercado bursátil de EE. UU., proporcionando un marco teórico y empírico robusto para entender las relaciones entre los factores macroeconómicos y el comportamiento del mercado. Este estudio introduce y desarrolla la teoría sobre cómo las variables macroeconómicas impactan el rendimiento bursátil, lo que puede complementar y contrastar los hallazgos de los estudios de Chambi y Cándelo et al. Ofrece un análisis basado en modelos de regresión múltiple, lo cual puede proporcionar una perspectiva alternativa a los modelos MCO y VAR utilizados en los estudios revisados. Los hallazgos sugieren que la relación entre variables macroeconómicas y el rendimiento bursátil es compleja y multifacética. La incorporación de factores adicionales, como el tamaño y el valor, proporciona una visión más completa de cómo las condiciones económicas afectan el mercado de valores.

Journal of Financial Economics, en este estudio se exploran factores de riesgo comunes que afectan los rendimientos de acciones y bonos. Fama y French introducen un modelo de tres factores (tamaño, valor y mercado) y examinan cómo estos factores están relacionados con las variaciones en los índices bursátiles. Esto proporciona una perspectiva adicional sobre cómo factores económicos y financieros pueden impactar en los mercados de valores.

Kothari y Shanken examinan el método de Newton para la evaluación de modelos de precios de activos, centrandos su análisis en cómo los modelos de precios de activos pueden ser evaluados en función de factores económicos. Este estudio proporciona una visión sobre la precisión y la aplicación de modelos de precios de activos en la relación entre variables macroeconómicas y el mercado de valores. Aportó una perspectiva sobre la evaluación de modelos de precios de activos y cómo estos pueden integrar variables macroeconómicas. Los

hallazgos indican que una evaluación adecuada de los modelos de precios de activos que integren variables macroeconómicas puede mejorar la comprensión de la dinámica del mercado bursátil y ayudar a los inversores a tomar decisiones informadas.

The Review of Financial Studies, Barro investiga la relación entre el mercado de valores y la inversión empresarial, explorando cómo las fluctuaciones en los índices bursátiles pueden influir en las decisiones de inversión a nivel macroeconómico. El estudio examina cómo las expectativas de mercado y las condiciones económicas afectan las inversiones empresariales, dentro de su aporte se concluye que el mercado de valores tiene un impacto significativo en las decisiones de inversión empresarial.

Bula y Jabłoński (2024) llevaron a cabo un estudio centrado en la relación entre la publicación de datos macroeconómicos y el comportamiento de los dividendos en empresas que forman parte de los índices WIX, DAX y S&P 500, en el periodo comprendido entre 2017 y 2022. titulado “Are dividends Impacte by the timing of macro data releases? Case of WIG, DAX and S&P500” [*¿Se ven afectados los dividendos por el momento de las publicaciones de datos macroeconómicos? caso de wig,dax y S&P 500*], El objetivo principal de la investigación fue identificar si los dividendos de las empresas que pagan dividendos presentaban dinámicas positivas en términos reales, y si las decisiones sobre el pago de dividendos se vieron más influenciadas por factores macroeconómicos al final del año fiscal, en el que la empresa generó sus resultados financieros, o en el periodo en que se tomaron las decisiones sobre los dividendos.

El análisis reveló que, para las empresas cotizadas en el NYSE, existe una correlación significativa entre varias variables macroeconómicas y el comportamiento de los dividendos. En particular, el índice PMI y la tasa de inflación mostraron una correlación negativa con los dividendos, mientras que las tasas de interés exhibieron una correlación positiva. Estos

resultados fueron observados tanto en los datos de diciembre, correspondientes al final del año fiscal, como en los de mayo del año de pago de los dividendos. Este hallazgo sugiere que los mercados bursátiles estadounidenses son sensibles a las fluctuaciones macroeconómicas, y que las empresas ajustan sus políticas de dividendos en respuesta a estos cambios (Bula et.al, 2024)

Por otra parte, el estudio encontró diferencias significativas en la relación entre las variables macroeconómicas y los dividendos pagados por empresas polacas y alemanas. En el caso del WIG, el PMI presentó una correlación negativa con los dividendos, mientras que, en el DAX, la correlación fue positiva. Este contraste destaca las particularidades de cada mercado y cómo las condiciones macroeconómicas influyen de manera distinta en la política de dividendos en función del contexto regional y de las características del mercado bursátil (Bula et.al, 2024).

Además, los autores señalaron que la pandemia del COVID-19 afectó de manera diferente las decisiones de las juntas directivas de las empresas en los mercados de Estados Unidos, Alemania y Polonia. Esta disparidad refleja que, en tiempos de crisis, las políticas de dividendos no solo responden a las condiciones económicas, sino también a las estrategias particulares adoptadas por las empresas para mantener la confianza de los inversores y gestionar sus flujos de efectivo de manera eficiente. A pesar de las importantes contribuciones del estudio, los autores mencionan algunas limitaciones, como el número limitado de empresas analizadas y el enfoque en un periodo específico, lo que podría influir en la generalización de los resultados.

Otro estudio relevante es el de Nagy, Valaskova, Kovalova y Macura (2024), titulado “Drivers of S&P 500’s Profitability: Implications for Investment Strategy and Risk Management” [*Factores que impulsan la rentabilidad del S&P 500: Implicaciones para la estrategia de inversión y la gestión de riesgos*], que examina cómo los factores

macroeconómicos influyen en la rentabilidad del índice S&P 500, destacando el papel crucial que desempeñan la inflación y las tasas de interés en su desempeño. Los autores emplean un enfoque estadístico robusto, utilizando modelos de regresión estática y autorregresiva para identificar los efectos inmediatos y retardados de varias variables sobre la rentabilidad del S&P 500. Además, el estudio subraya que estos factores macroeconómicos no solo afectan a los inversores en Estados Unidos, sino que también influyen en los mercados financieros globales debido a la prominencia del índice en los mercados de capitales internacionales (Nagy et al., 2024).

El análisis incluye una amplia variedad de variables macroeconómicas como el crecimiento del PIB, la tasa de inflación, las tasas de interés, el índice de volatilidad, y otros factores relacionados con la actividad económica y la producción industrial. Estos indicadores fueron evaluados para medir su impacto en la evolución mensual del S&P 500, revelando que las tasas de interés y la inflación tienen un impacto particularmente significativo. Se destaca la importancia de comprender cómo estos factores exógenos afectan la rentabilidad del índice, ya que dicha comprensión puede mejorar las estrategias de inversión y la gestión de riesgos (Nagy et al., 2024).

Una de las contribuciones clave del estudio es la aplicación de un modelo autorregresivo, que examina la correlación entre la serie temporal del valor del S&P 500 y sus propios rezagos, permitiendo así identificar la influencia de variables independientes con un retraso temporal específico. Los autores encontraron que los factores exógenos como los eventos geopolíticos, los cambios regulatorios y los avances tecnológicos también influyen en el índice, proporcionando información valiosa para mejorar la toma de decisiones de los inversores y los responsables de políticas (Nagy et al., 2024).

La literatura revisada sugiere una relación clara y significativa entre las variables macroeconómicas y los mercados de valores en América Latina y Estados Unidos. Los factores como el crecimiento del PIB, la actividad económica y el tipo de cambio positivo están relacionados con un mejor rendimiento de los índices bursátiles, mientras que la inflación, las tasas de interés altas y el desempleo tienen efectos negativos. Estos hallazgos están en línea con teorías económicas fundamentales, como el análisis top-down, que enfatizan la importancia de las condiciones macroeconómicas en la evaluación del rendimiento de los mercados financieros. Además, las investigaciones resaltan la importancia de la estabilidad macroeconómica y las políticas económicas coherentes para promover un mercado bursátil sólido y sostenible en economías emergentes.

### 3. Marco teórico

El comportamiento de los mercados financieros ha sido objeto de análisis por diversos enfoques económicos a lo largo del tiempo. Desde las teorías clásicas sobre la influencia de las tasas de interés, la inflación y el crecimiento económico, hasta las perspectivas contemporáneas sobre el impacto de las políticas monetarias no convencionales y las expectativas racionales, el estudio de los mercados bursátiles sigue siendo un campo en constante evolución. En este marco teórico, se exploran las principales teorías económicas que explican la relación entre variables macroeconómicas y el comportamiento de los mercados financieros.

Partiendo de las ideas propuestas por John Maynard Keynes, en su obra seminal, propuso que los mercados financieros son susceptibles a las "expectativas animales" de los inversores, es decir, a decisiones basadas en emociones y confianza, más que en fundamentos racionales. Según esta perspectiva, la volatilidad en los mercados puede surgir debido a cambios abruptos en la confianza de los inversores, influenciados por percepciones sobre la salud económica general y políticas económicas. Las políticas fiscales y monetarias tienen un impacto significativo en la economía real y, por extensión, en los mercados financieros. Keynes argumenta que la intervención del gobierno puede ser necesaria para estabilizar la economía y, por ende, los mercados financieros.

Las tasas de interés son un factor crucial en la economía y en el comportamiento de los mercados financieros. La teoría de la tasa de interés y su impacto en el mercado bursátil se basa en varios enfoques incluyendo a su vez la política monetaria y según la teoría del ciclo económico de Keynes (1936), las tasas de interés afectan el nivel de inversión y consumo en la economía. Keynes argumentó que una disminución en las tasas de interés reduce el costo del crédito, estimulando la inversión empresarial y el consumo, lo que puede elevar los precios de las acciones (Keynes, 1936). La política monetaria expansiva adoptada por la Reserva Federal

tras la crisis financiera de 2008, que incluyó la reducción de las tasas de interés a niveles históricamente bajos, buscó precisamente este efecto. La teoría tiene una relación inversa entre los precios de las acciones y las tasas de interés. Un incremento en la tasa de interés eleva la tasa de descuento ( $k$ ) debido a su impacto en la tasa nominal libre de riesgo, lo que conduce a una disminución en los precios de las acciones (Chen et al., 1986).

Otro enfoque es el de Sharpe (1964) y Lintner (1965) que desarrollaron el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM), que sugiere que el valor de los activos financieros está directamente relacionado con el riesgo y la tasa libre de riesgo. La reducción en las tasas de interés puede disminuir la tasa libre de riesgo, haciendo que las acciones sean relativamente más atractivas y, por lo tanto, impulsando su precio.

La inflación tiene una influencia significativa en el rendimiento del mercado bursátil. La relación entre inflación y mercado de valores se puede entender a través de varias teorías, Según Fisher, una alta inflación esperada puede llevar a una mayor tasa de interés nominal, lo que incrementa el costo del capital y puede afectar negativamente a las valoraciones bursátiles (Fisher, 1930). Irving Fisher es conocido por su teoría del interés, donde sugiere que las tasas de interés nominales son la suma de la tasa de interés real y la inflación esperada. La ecuación de Fisher proporciona un marco útil para entender cómo las expectativas inflacionarias pueden afectar las decisiones de inversión y, por ende, los precios de los activos financieros. En los mercados de valores, la percepción de una inflación futura puede llevar a los inversores a ajustar sus expectativas de rentabilidad, impactando así los precios de las acciones.

Otro efecto de la Inflación es en los Beneficios Empresariales, Según la teoría de la inflación de Modigliani y Cohn (1979), la inflación puede tener un efecto negativo en las valoraciones bursátiles al reducir el valor presente de los beneficios futuros esperados. Este

efecto es más pronunciado si la inflación es inesperada y no se ajusta adecuadamente en los modelos de valoración de activos.

El crecimiento económico es otro factor clave que afecta los mercados bursátiles. La relación entre crecimiento económico y mercados de valores puede ser examinada a través de las siguientes perspectivas

En la teoría del crecimiento económico Solow (1956) desarrolló un modelo de crecimiento económico que destaca la importancia del crecimiento del PIB en la expansión de las oportunidades de inversión y el aumento de los beneficios empresariales. Un crecimiento económico sostenido suele correlacionarse positivamente con el rendimiento del mercado bursátil, ya que las expectativas de mayores beneficios impulsan el valor de las acciones.

Mishkin (2011) ha argumentado que un sistema financiero robusto es esencial para el crecimiento económico, ya que facilita la movilización eficiente de los recursos de ahorro hacia inversiones productivas. Un mercado de valores desarrollado y bien estructurado mejora la capacidad de identificar y financiar propuestas empresariales viables, lo que fomenta la expansión de las empresas y contribuye al crecimiento del PIB. La integración de los mercados financieros con la economía real, a través de canales como la inversión y el consumo, hace que el desarrollo del mercado de valores sea crucial para el crecimiento económico sostenible.

El desempleo es un indicador clave de la salud económica de un país y tiene un impacto directo en el comportamiento de los mercados bursátiles. A.W. Phillips (1958) introdujo la relación inversa entre desempleo e inflación, conocida como la Curva de Phillips. Según esta teoría, una tasa de desempleo baja suele asociarse con una mayor demanda y presiones inflacionarias, lo que puede impactar las tasas de interés y, en consecuencia, los índices bursátiles.

El impacto que tiene el Desempleo en los Mercados Financieros refleja la relación entre las variables macroeconómicas y los rendimientos del mercado de valores, concluyendo que el desempleo es un indicador retardado de la economía. Un aumento en el desempleo puede señalar una desaceleración económica, lo que genera una menor confianza en los mercados bursátiles y puede reducir los precios de las acciones (Fama, 1981).

La Relación entre Desempleo y Desempeño Empresarial, Blanchard y Summers (1986) exploraron cómo el desempleo puede afectar el desempeño empresarial y, por ende, el mercado de valores. Argumentan que altos niveles de desempleo reducen la demanda agregada, lo que afecta negativamente los ingresos corporativos y, en consecuencia, las valoraciones bursátiles.

Kydland y Prescott (1982) introdujeron el modelo de ciclo económico real, que sugiere que las fluctuaciones en la producción y el empleo afectan los precios de las acciones. Los períodos de expansión económica tienden a elevar los índices bursátiles, mientras que las recesiones tienen el efecto contrario.

En cuanto a las políticas monetarias no convencionales, como la flexibilización cuantitativa (QE), han sido fundamentales. Durante el periodo de estudio Bernanke y Gertler (2001) analizaron el impacto de la QE en la economía. La flexibilización cuantitativa busca aumentar la oferta de dinero y reducir las tasas de interés a largo plazo mediante la compra de activos financieros. Según (Bernanke et. al), estas políticas pueden estimular el mercado bursátil al aumentar la liquidez y reducir las tasas de interés a largo plazo, lo que hace que los activos financieros sean más atractivos.

En este contexto la Hipótesis de los Mercados Eficientes (HME), propuesta por Eugene Fama, postula que los precios de los activos en los mercados financieros reflejan toda la información disponible en cualquier momento. Bajo esta teoría, cualquier cambio en las variables macroeconómicas se incorporaría inmediatamente en los precios de los activos,

haciendo que los movimientos de los índices bursátiles sean el resultado directo de nueva información económica. Esto implica que los inversores no pueden obtener rendimientos superiores al promedio del mercado de manera consistente utilizando información pública, ya que los precios ya la reflejan completamente.

Aunque la HME es una teoría ampliamente aceptada, ha sido objeto de debate, especialmente durante periodos de crisis económicas, donde los mercados parecen reaccionar de manera irracional. Estudios realizados por autores como Ratanapakorn y Sharma (2007) llevaron a cabo un análisis empírico para investigar la relación a largo plazo entre las variables macroeconómicas y el mercado de valores de los Estados Unidos. Utilizando un enfoque de cointegración, encontraron que variables como la tasa de interés, la inflación, el PIB, el dinero en circulación y el tipo de cambio están cointegradas con los precios de las acciones. Esto indica que las variables macroeconómicas tienen un poder explicativo sobre los precios de las acciones, lo cual desafía la idea de que el mercado es completamente eficiente y que los precios de las acciones no se pueden predecir.

Estudios similares como los de Nasseh y Strauss (2000), Humpe y Macmillan (2009), están también enfocados a países que tienen economías desarrolladas y que encuentran una relación significativa entre el precio de las acciones y las variables macroeconómicas. Esto sugiere que, en ciertos contextos, los mercados pueden no ser completamente eficientes, lo que abre la puerta a estrategias de inversión basadas en el análisis macroeconómico.

La Teoría de las Expectativas Racionales, Esta teoría sugiere que los agentes económicos basan sus decisiones en expectativas racionales, utilizando toda la información disponible de manera eficiente para predecir el futuro. En el contexto de los mercados financieros, esta teoría implica que los precios de los activos reflejan no solo la información actual, sino también las expectativas sobre futuros eventos económicos. Los movimientos en

los índices bursátiles, entonces, pueden interpretarse como reflejo de las expectativas cambiantes de los inversores sobre las condiciones económicas futuras, basadas en cambios en variables macroeconómicas como el PIB y las tasas de interés.

### **3.1 Evidencia empírica del modelo VAR (Vector Autorregresivo)**

Los modelos VAR (Vectores Autorregresivos) fueron introducidos en el año 1980 como una herramienta para modelar interacciones dinámicas entre variables económicas sin imponer restricciones estrictas sobre la estructura subyacente de las relaciones entre las variables. A diferencia de los modelos tradicionales que dependen de supuestos estructurales previos, el enfoque VAR permite que los datos hablen por sí mismos al modelar cada variable como una función de sus valores pasados y los de otras variables incluidas en el sistema (Sims, 1980).

El modelo VAR ha ganado popularidad por su capacidad para capturar relaciones complejas y dinámicas entre varias series temporales simultáneamente. Cada variable en el sistema es explicada por sus propios rezagos, así como por los rezagos de las demás variables, lo que proporciona una forma flexible de capturar la interdependencia entre ellas. En este sentido, los modelos VAR se han convertido en una herramienta fundamental para el análisis de política monetaria, fluctuaciones macroeconómicas y la predicción de variables clave como el Producto Interno Bruto (PIB), la inflación o las tasas de interés (Stock & Watson, 2001).

Una de las principales ventajas del modelo VAR es su simplicidad en comparación con los modelos estructurales tradicionales. No requiere una teoría económica subyacente específica que dictamine las restricciones que deben imponerse en el sistema. Esto permite modelar las relaciones dinámicas entre variables sin imponer fuertes suposiciones a priori.

Como resultado, los modelos VAR han sido utilizados en estudios empíricos sobre la efectividad de la política monetaria y fiscal, proporcionando una comprensión más profunda de cómo las variables económicas responden a diferentes choques en la economía (Lütkepohl, 2005).

Además, una de las extensiones del modelo VAR es el VAR estructural (SVAR), que busca identificar los shocks exógenos que afectan a las variables en estudio. Esto se realiza imponiendo restricciones a las ecuaciones del modelo basadas en una estructura económica teórica o información previa. El uso del SVAR ha sido crucial para el análisis de la política económica, ya que permite aislar los efectos de ciertos tipos de choques, como los shocks de oferta y demanda, y medir su impacto en variables como la producción o los precios (Blanchard & Quah, 1989).

En términos de predicción, los modelos VAR son altamente efectivos debido a su capacidad para captar la dinámica interrelacionada de varias series temporales. Al estimar el efecto conjunto de los rezagos de todas las variables en el sistema, el VAR ha sido empleado para realizar pronósticos en diferentes campos, desde la macroeconomía hasta las finanzas, lo que lo convierte en una herramienta versátil para la toma de decisiones estratégicas (Diebold, 2001).

Sin embargo, a pesar de sus fortalezas, los modelos VAR también presentan limitaciones. Por ejemplo, la inclusión de muchas variables y rezagos puede llevar a problemas de sobre parametrización, lo que reduce la precisión de las estimaciones y puede generar problemas de multicolinealidad. Además, los modelos VAR son sensibles a la elección de la longitud de los rezagos, lo que puede influir significativamente en los resultados de los análisis y predicciones (Lütkepohl, et. al, 2005).

### 3.2 Teoría clásica de series temporales

La Teoría Clásica de Series Temporales es un enfoque esencial en el análisis estadístico de datos que están ordenados en el tiempo, proporcionando las bases para modelar, analizar y predecir los patrones temporales observados en diversas disciplinas. Este marco teórico ha sido desarrollado y refinado a lo largo del tiempo por numerosos estadísticos y economistas.

Una serie temporal es una secuencia de observaciones de una variable en puntos sucesivos de tiempo, generalmente a intervalos regulares. Según Box y Jenkins (1970), las series temporales pueden descomponerse en cuatro componentes fundamentales: la tendencia, la estacionalidad, el ciclo y el ruido. La tendencia refleja el movimiento general a largo plazo de la serie; la estacionalidad capta las fluctuaciones periódicas que se repiten a intervalos regulares; los ciclos representan fluctuaciones a largo plazo que no siguen un patrón fijo, y el ruido es la parte aleatoria que no puede ser explicada por los otros componentes.

Un concepto central en la teoría clásica de series temporales es la estacionalidad, el cual se refiere a una serie cuyo comportamiento estadístico no cambia con el tiempo. Según Hamilton (1994), una serie es estacionaria si sus propiedades estadísticas, como la media, la varianza y la autocorrelación, son constantes en el tiempo. Este concepto es crucial porque muchos métodos de análisis de series temporales, como los modelos ARMA, suponen que la serie bajo estudio es estacionaria. Si una serie no es estacionaria, puede transformarse a través de técnicas como la diferenciación para convertirla en estacionaria.

Entre los modelos clásicos más destacados en la teoría de series temporales se encuentran los modelos AR (Autorregresivos), MA (Media Móvil) y ARMA (Autorregresivos de Media Móvil).

**Modelos AR:** Los modelos autorregresivos fueron introducidos por Yule (1927) y se basan en la idea de que el valor actual de la serie es una función lineal de sus valores pasados.

Estos modelos son especialmente útiles cuando existe una fuerte dependencia temporal entre las observaciones.

**Modelos MA:** Los modelos de media móvil, desarrollados por Slutsky (1937), suponen que el valor actual de la serie depende linealmente de los errores pasados. Estos modelos capturan la estructura de dependencia de la serie mediante el promedio móvil de los términos de error.

**Modelos ARMA:** Box y Jenkins (1970) popularizaron los modelos ARMA, que combinan las características de los modelos AR y MA. Los modelos ARMA son ampliamente utilizados debido a su capacidad para capturar tanto la persistencia de los datos como la estructura de los errores de predicción.

El análisis espectral es otro componente clave de la teoría clásica de series temporales, enfocado en descomponer la serie temporal en sus componentes de frecuencia. Como indica Priestley (1981), este enfoque permite identificar patrones cíclicos y estacionales en las series temporales mediante el análisis de las frecuencias presentes en los datos. Es particularmente útil en el análisis de fenómenos cíclicos que no son evidentes en el dominio temporal.

Finalmente, la teoría clásica de series temporales ha sido aplicada en múltiples campos, desde la economía y las finanzas hasta la meteorología y la ingeniería. Por ejemplo, en el ámbito financiero, los modelos ARIMA, derivados de la teoría clásica, han sido utilizados extensivamente para modelar y prever precios de acciones, tasas de interés y tipos de cambio (Brockwell & Davis, 2002).

## 4. Metodología

### 4.1 Datos

En este estudio, se utilizan datos económicos de tres variables principales: D\_SP500, que representa las diferencias del S&P 500; PIB, que refleja la diferencia del Producto Interno Bruto; y TDES, que corresponde la diferencia de la Tasa de Desempleo. La elección de estas variables responde a su relevancia para evaluar las interrelaciones macroeconómicas y su impacto en los mercados financieros.

El S&P 500 es uno de los índices bursátiles más representativos de la economía estadounidense y sirve como un indicador clave de la salud del mercado accionario. Por otro lado, el PIB es ampliamente utilizado como una medida del crecimiento económico de un país, mientras que la Tasa de Desempleo (TDES) es un indicador fundamental del desempeño del mercado laboral. Estos tres indicadores son comúnmente utilizados en la literatura para evaluar la relación entre los mercados financieros y la economía real (Stock y Watson, 2001; Blanchard, 2017).

La muestra de datos abarca el período de 2010-2020, con una frecuencia mensual, lo que permite capturar tanto las fluctuaciones de corto plazo como las tendencias a mediano y largo plazo de las variables analizadas. En total, se cuenta con 129 observaciones para cada variable, lo que asegura una cantidad de datos suficiente para realizar un análisis econométrico robusto. La periodicidad mensual es adecuada para este tipo de análisis ya que, como han señalado varios autores, los modelos VAR requieren series temporales suficientemente largas para captar las interrelaciones dinámicas entre las variables (Lütkepohl, 2005).

Los datos se obtuvieron de fuentes confiables, como las bases de datos económicos de la Reserva Federal y Yahoo! Finanzas, que proporcionan series temporales ajustadas y

desestacionalizadas. El ajuste por estacionalidad es particularmente importante en este tipo de análisis, ya que las variaciones estacionales pueden distorsionar las relaciones subyacentes entre las variables (Hamilton, 1994).

## **4.2 Procedimiento**

Aplicamos los principios de la metodología Box-Jenkins que es un enfoque ampliamente reconocido para el análisis y modelado de series temporales que sigue una secuencia de 3 etapas en nuestro análisis. Tradicionalmente, esta metodología se aplica a modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), que son particularmente efectivos para capturar patrones en una sola serie temporal. Sin embargo, cuando se trata de analizar múltiples series temporales interrelacionadas, como en nuestro caso de estudio que involucra variables macroeconómicas y del mercado financiero estadounidense, es necesario utilizar un enfoque más robusto: el modelo VAR (Vector Autoregresivo). Este modelo extiende los principios de Box-Jenkins para capturar las interrelaciones dinámicas entre varias variables al mismo tiempo.

### **Etapas 1: Identificación y selección del modelo**

En esta primera etapa, el objetivo es asegurar que las variables de interés sean estacionarias, lo cual es un requisito fundamental para aplicar el modelo VAR (Vector Autorregresivo) de manera adecuada. La estacionalidad implica que las propiedades estadísticas de las series, como la media y la varianza, sean constantes a lo largo del tiempo. Para verificar esto, se utilizan pruebas de raíz unitaria, como la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF).

Además de la verificación de la estacionalidad, es crucial identificar si las series presentan estacionalidad, lo que podría requerir la aplicación de diferenciación estacional en

caso de que las series muestren patrones repetitivos a lo largo del tiempo. Una vez asegurada la estacionalidad de las series, se procede a la selección del número óptimo de rezagos del modelo VAR. Para ello, se utilizan criterios de información como el Criterio de Información de Akaike (AIC), el Criterio Bayesiano de Schwarz (BIC) y el Criterio de Hannan-Quinn (HQIC), que ayudan a determinar el número adecuado de rezagos para capturar de manera precisa las relaciones dinámicas entre las variables analizadas.

#### Etapa 2: Estimación de parámetros

En la segunda etapa, una vez identificado el modelo adecuado, se procede a la estimación de los parámetros del modelo VAR. Esta estimación tiene como objetivo obtener los coeficientes que describen las relaciones entre los valores pasados de las variables del sistema. El modelo VAR permite que cada variable sea explicada no solo por sus propios valores rezagados, sino también por los valores pasados de las otras variables incluidas en el sistema. Esta etapa es clave para entender cómo interactúan las variables en el tiempo, capturando las interdependencias entre ellas. Es importante asegurarse de que los coeficientes estimados sean consistentes y precisos para que el modelo refleje de manera adecuada las dinámicas entre las variables.

#### Etapa 3: Comprobación del modelo

En esta tercera etapa, se evalúa si el modelo estimado cumple con las propiedades requeridas para ser considerado adecuado. Para ello, se realizan varias pruebas de diagnóstico, como la prueba de estabilidad, donde se verifica que los valores propios (eigenvalues) del sistema se encuentren dentro del círculo unitario. Esto asegura que el modelo es estable y que las dinámicas entre las variables no resultarán en comportamientos explosivos a lo largo del tiempo.

Asimismo, es esencial comprobar que no haya autocorrelación en los residuos del modelo. Para ello, se utiliza el Test de Lagrange-Multiplier (LM), el cual evalúa si los residuos son independientes entre sí. Además, es común aplicar la prueba de normalidad de los residuos (Jarque-Bera), que permite evaluar si los errores siguen una distribución normal. Si las pruebas de diagnóstico indican problemas en el modelo, es necesario ajustar el modelo volviendo a las etapas anteriores hasta encontrar un modelo adecuado.

### 4.3 Análisis de las variables

Antes de proceder con el análisis econométrico, es esencial examinar el comportamiento de las variables clave bajo estudio: el Producto Interno Bruto (PIB), la Tasa de Desempleo (TDES) y el índice bursátil S&P 500. Estas variables se analizarán en el período comprendido entre 2010 y 2020, un intervalo marcado por importantes fluctuaciones económicas, como la recuperación tras la crisis financiera de 2008, la expansión económica de la década de 2010 y los desafíos económicos globales más recientes (Figura 1).

**Figura 1.** Comportamiento del PIB, Tasa de desempleo y del índice S&P500



*Fuente.* Datos obtenidos de la Reserva Federal (2020) y Yahoo Finance (2020).

*Nota.* Elaboración propia

El PIB muestra una tendencia general ascendente, lo que refleja el crecimiento económico de Estados Unidos a lo largo de la década 2010-2020. Este período estuvo marcado por la recuperación económica después de la crisis financiera de 2008-2009.

La Tasa de Desempleo sigue un patrón opuesto al del PIB, lo que es común en las economías: cuando la economía crece (reflejado en el aumento del PIB), la tasa de desempleo tiende a disminuir, lo que se refleja en la gráfica. lo que indica una mejora en el mercado laboral y una economía que recupera empleos perdidos. Este patrón es típico en períodos de expansión económica, cuando las empresas crecen y necesitan más trabajadores.

El S&P 500, que es un índice que refleja el desempeño de las 500 mayores empresas que cotizan en bolsa en Estados Unidos, también muestra una tendencia general ascendente. Este comportamiento es reflejo de la recuperación del mercado financiero después de la crisis de 2008, seguido de un periodo de crecimiento sostenido, El crecimiento del PIB también favoreció el desempeño de las empresas. Sin embargo, la gráfica muestra cierta variabilidad en el índice, lo cual es típico en los mercados financieros, donde las expectativas y factores externos como las políticas comerciales, eventos internacionales y la política monetaria de la Reserva Federal generan fluctuaciones a corto plazo.

Adicionalmente se expone el resumen estadístico de las 3 variables macroeconómicas estudiadas: la (Tasa de Desempleo) TDES, el (Producto Interno Bruto) PIB y el (S&P 500) D\_SP500, ver (Tabla 1).

**Tabla 1.** Descripción Estadística de las Variables Estudiadas

Variable	Obs	Mean	Adt. Dev.	Min	Max
D_SP500	130	0.0102814	.0406673	-.1251193	.1268441
PIB	130	2053332	9666914	-6963099	45.70603
TDES	130	6338462	22700211	3.5	14.8

*Nota.* Elaboración Propia.

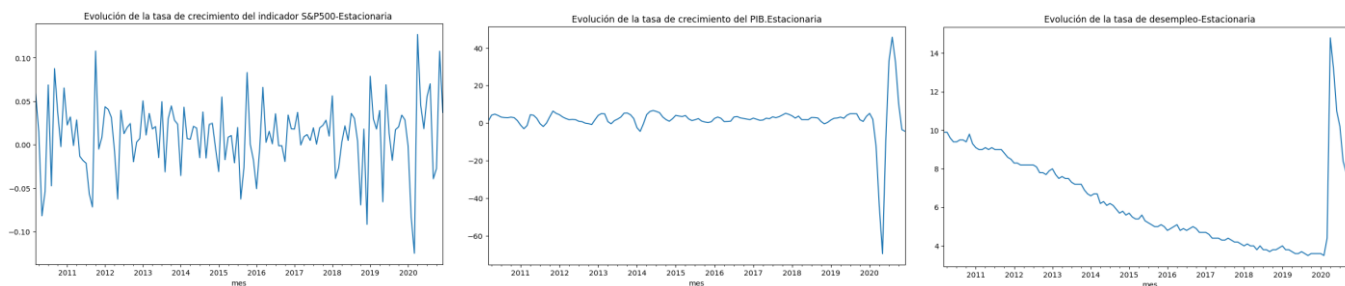
La Tasa de Desempleo presenta una media del 6.33%, lo que refleja un nivel de desempleo moderado durante el período estudiado. La desviación estándar de 2.27 indica una variabilidad considerable, con valores mínimos y máximos de 3.5% y 14.8%, respectivamente. Esto sugiere que el mercado laboral experimentó tanto periodos de estabilidad como de alta tensión, probablemente reflejando crisis económicas o desaceleraciones que incrementaron el desempleo en ciertos momentos.

El PIB presenta una media del 2.05%, lo que es indicativo de un crecimiento económico moderado a lo largo del período. No obstante, la desviación estándar de 9.67 revela una fuerte variabilidad en el crecimiento económico, con un valor mínimo de -69.63 y un máximo de 45.70. Estas fluctuaciones extremas pueden estar relacionadas con periodos de crisis o recesiones económicas, así como con fases de recuperación o auge económico

El S&P 500 muestra una media de crecimiento del 1.03%, con una desviación estándar del 4.07%, lo que indica alta volatilidad en el mercado bursátil durante el período estudiado. Los valores extremos del S&P 500, con un mínimo de -12.51% y un máximo de 12.68%, reflejan periodos tanto de caídas significativas como de recuperaciones bursátiles. Esto es consistente con la naturaleza volátil del mercado financiero, que puede verse afectado por eventos económicos globales y shocks externos.

Uno de los requisitos fundamentales para el análisis con modelos VAR es que las series temporales sean estacionarias y demuestren un comportamiento entorno a una media ver (Figura 2). La estacionariedad implica que las propiedades estadísticas de la serie, como la media y la varianza, sean constantes a lo largo del tiempo (Hamilton, 1994). Para verificar la estacionariedad de las series en este estudio, se aplicó la prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF), un método comúnmente utilizado para detectar la presencia de raíces unitarias en las series temporales (Dickey & Fuller, 1979).

**Figura 2.** Comportamiento estacional del índice S&P500, PIB y de la Tasa de desempleo.



*Fuente.* Datos obtenidos de la Reserva Federal (2020) y Yahoo Finance (2020).

*Nota.* Elaboración propia.

Con el propósito de establecer si las variables son estacionarias se emplea bajo la metodología Box Jenkins la prueba estadística de Dickey-Fuller para comprobar estadísticamente la característica de las variables (Tabla2).

**Tabla 2.** Prueba de Dickey-Fuller Aumentada para la Estacionariedad

Variable	Estadístico de Prueba	Valor Crítico 1%	Valor Crítico 5%	Valor Crítico 10%	p-valor	Estacionariedad
D_SP500	-12.608	-3.500	-2.888	-2.578	0.0000	Estacionario
PIB	-5.240	-3.500	-2.888	-2.578	0.0000	Estacionario
TDES	-2.763	-3.500	-2.888	-2.578	0.0637	Estacionario

*Nota.* Elaboración Propia.

La prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF) se utiliza para verificar la presencia de una raíz unitaria en las series temporales. Se considera que la serie es estacionaria si el estadístico de la prueba es menor que los valores críticos en los niveles de significancia del 1%, 5% o 10%, y si el p-valor es menor que el nivel de significancia seleccionado.

#### **4.4 Resultados de la prueba ADF**

D\_SP500: La serie mostró ser estacionaria con un estadístico  $Z(t)$  de -12.608 y un p-valor de 0.0000. Estos resultados permiten rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria, lo que indica que la serie no tiene tendencias como se muestra en la Figura 2, y es adecuada para su uso en el modelo VAR.

PIB: La prueba ADF también confirmó que la serie del PIB es estacionaria, con un  $Z(t)$  de -5.240 y un p-valor de 0.0000, como se muestra en la Figura 2 el comportamiento es estacional pero no es tan volátil como el índice S&P 500.

TDES: La Tasa de Desempleo (TDES) se mostró estacionaria, con un  $Z(t)$  de -2.763 y un p-valor de 0.0637. Aunque observando la Figura 2 no es tan claramente estacionaria como

las otras dos series, se considera aceptable para los fines del análisis, dada su significancia cercana al 10%.

Las series que no son estacionarias pueden generar problemas de especificación del modelo VAR, ya que los coeficientes estimados podrían no ser fiables debido a la presencia de tendencias estocásticas (Stock & Watson, 2001). Por este motivo, las series de IPC, Inflación y TINT que se refiere a la Tasa de interés (si se utilizan en un análisis posterior) deberán ser transformadas, generalmente mediante la diferenciación, para obtener estacionariedad, aunque en este análisis inicial no se incluyeron en el modelo principal.

#### **4.5 Modelo VAR (Vector Autorregresivo)**

El modelo VAR (Vector Autoregresivo) se utilizó en este estudio para analizar las interrelaciones dinámicas entre las variables D\_SP500 (variaciones en el S&P 500), PIB (Producto Interno Bruto), y TDES (Tasa de Desempleo). El modelo VAR es una herramienta econométrica ampliamente utilizada para capturar las relaciones entre múltiples variables cuando cada una depende de sus propios valores pasados, así como de los valores pasados de las otras variables del sistema (Lütkepohl, 2005).

##### **4.5.1 Especificación del Modelo**

El modelo VAR sigue la siguiente forma general:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_k Y_{t-k} + \epsilon_t \quad (1)$$

Donde:

- $Y_t$  Es un vector que contiene las variables dependientes.
- $A_1, A_2, \dots, A_k$  son matrices de coeficientes para los rezagos.
- $k$  es el número de rezagos (lag).

- $\epsilon_t$  es el vector de términos de error, que se asume que están incorrelacionados en el tiempo.

Aplicadas a cada una de las variables sería de la siguiente manera:

$$S\&P500 = A_1 PIB_{t-1} + A_2 DTDES_{t-1} + \epsilon_t \quad (2)$$

$$PIB = A_1 S\&P500_{t-1} + A_2 DTDES_{t-1} + \epsilon_t \quad (3)$$

$$DTDES = A_1 S\&P500_{t-1} + A_2 PIB_{t-1} + \epsilon_t \quad (4)$$

Cada ecuación del VAR modela una variable como una función de los valores rezagados de todas las variables en el sistema. Esto permite capturar las relaciones dinámicas entre las variables económicas, como los efectos de un cambio en el PIB sobre el mercado bursátil y la tasa de desempleo, y viceversa (Sims, et. al, 1980).

#### 4.5.2 Selección del Número de Rezagos

Para seleccionar el número óptimo de rezagos ( $k$ ) del modelo VAR, se utilizaron varios criterios de información : el Criterio de Información de Akaike (AIC) , el Criterio de Información Bayesiano de Schwarz (SBIC) y el Criterio de Información de Hannan-Quinn (HQIC) . La elección del número adecuado de rezagos es crucial, ya que un número insuficiente podría no capturar adecuadamente las interrelaciones dinámicas entre las variables, mientras que un número excesivo podría sobre ajustar el modelo, aumentando la complejidad sin mejorar la precisión (Lütkepohl, et. al, 2005).

A través de la prueba estadística de varsoc, los resultados indicaron que un modelo con 6 rezagos era el más adecuado según los criterios de AIC y FPE (Error Predicción Final), mientras que el criterio SBIC recomendaba un modelo más parsimonioso con 3 rezagos. Sin

embargo, se optó por el modelo de 6 rezagos, dado que los criterios de AIC y FPE tienden a priorizar la predicción a largo plazo ya minimizar el error cuadrático (Tabla3).

**Tabla 3.** Selección de rezagos

Rezago	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-499.03				.659438	8.09726	8.12498	8.1655
1	-340.733	316.6	9	0.000	.059348	5.68923	5.80011	5.96216
2	-174.746	331.97	9	0.000	.004719	3.15719	3.35122	3.63482
3	-144.305	60.882	9	0.000	.003342	2.81137	3.08855	3.4937*
4	-128.686	31.239	9	0.000	.003007	2.70461	3.06494*	3.59163
5	-117.969	21.433	9	0.011	.002931	2.67693	3.12041	3.76865
6	-108.733	18.473*	9	0,03	.002929*	2.67311*	3.19974	3.96953

*Nota:* elaboración propia de los resultados de la selección del orden de los rezagos basado en los criterios.

#### 4.5.3 Estimación del VAR Modelo

Para la estimación del modelo VAR fue considerado las relaciones entre las tres variables ver (Tabla 4):

1. **D\_SP500** (La diferencia del índice S&P 500).
2. **PIB** (La diferencia del Producto Interno Bruto).
3. **TDES** (La diferencia de la Tasa de Desempleo).

**Tabla 4.** Modelo VAR

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
D_SP500	19	.37541	0.2273	36.47269	0.0061
PIB	19	.255744	0.9429	2049.249	0.0000
TDES	19	.782279	0.8924	1028.042	0.0000

*Nota:* elaboración propia de los resultados del modelo VAR

Los siguientes resultados de la estimación del modelo VAR para la variable dependiente D\_SP500 (variaciones del índice S&P 500). Se presenta el coeficiente estimado para cada uno de los rezagos (L1 a L6) de las variables S&P 500, PIB y Tasa de Desempleo (TDES), así como sus errores estándar, valores z, valores p y los intervalos de confianza al 95% ver (Tabla 5).

**Tabla 5.** Rezagos S&P 500

Lags	D_SP500 Coef.	D_SP500 Std. Err.	D_SP500 z	D_SP500 P> z	D_SP500 [95% Conf. Interval] Lower	D_SP500 [95% Conf. Interval] Upper
L1.	-.1850937	.0919629	-2.01	0.044	-.3653377	-.0048498
L2.	-.1613786	.0998875	-1,62	0.106	-.3571545	.0343973
L3.	-.124886	.098853	-1.30	0.194	-.3222343	.0652623
L4.	-.2714707	.0958414	-2.83	0.005	-.4593158	-.0836246
L5.	-.1310971	.0956977	-0.14	0.891	-.2006612	.174467
L6.	-.876058	.094068	-0,93	0.352	-.272497	.096764

Lags	PIB Coef.	PIB Std. Err.	PIB z	PIB P> z	PIB [95% Conf. Interval] Lower	PIB [95% Conf. Interval] Upper
L1.	-.0013023	.0021949	-0.60	0.547	-.056223	.028166
L2.	.0039232	.0034249	1.15	1.15	-.027896	.0106359
L3.	-.0064751	.0037599	-1,86	-1.86	-.0143637	.0003749
L4.	.0064751	.0031187	2.08	2.08	.003626	.0125876
L5.	-.0014299	.001839	-0.78	-0.78	-.0050342	.0021745
L6.	-.0014223	.010448	-1.36	-1.36	-.0034701	.0006255

Lags	TDES Coef.	TDES Std. Err.	TDES z	TDES P> z	TDES [95% Conf. Interval] Lower	TDES [95% Conf. Interval] Upper
L1.	.0013747	.007378	0,19	0.852	-.013086	.01583544
L2.	-.0028109	.0076547	-0,37	0.713	-.0178138	.012192

L3.	.0092539	.0141927	0.65	0.514	-.0185634	.0370711
L4.	-.0118688	.0179479	-0.66	0.508	-.047046	.0233084
L5.	.0254088	.0159676	1.59	0.112	-.0058872	.0567047
L6.	-.0188904	.0111571	-1.69	0.090	-.0407579	.0029771
<hr/>						
_cons	.0048746	.013752	0.35	0.723	-.0220788	.031828

*Nota:* elaboración propia de los resultados del modelo VAR

Para los resultados del PIB como variable dependiente. Aquí se presentan los coeficientes estimados de los rezagos del S&P 500, PIB, y Tasa de Desempleo (TDES) sobre el PIB ver (Tabla 6)

**Tabla 6.** Rezagos PIB

Lags	D_SP500	D_SP500 Std. Err.	D_SP500 z	D_SP500 P> z	D_SP500 [95% Conf. Interval] Lower	D_SP500 [95% Conf. Interval] Upper
L1.	20.2383	6.26,926	3.23	0.001	7.95927	32.51733
L2.	18.60674	6.804787	2.73	0.006	5.269602	31.94388
L3.	-1.17098	6.734111	-0.17	0.862	-1.436998	12.02803
L4.	-2.95523	6.529146	-0.45	0.651	-15.75212	9.841661
L5.	3.946056	6.519306	0.61	0.545	-8.83156	16.72377
L6.	-4.36887	6.408334	-0.68	0.495	-16.92879	8.191417

Lags	PIB	PIB Std. Err.	PIB z	PIB P> z	PIB [95% Conf. Interval] Lower	PIB [95% Conf. Interval] Upper
L1.	1.856648	.1495,275	12.42	0.000	1.563579	2.149176
L2.	-1.2954	.233322	-5.55	0.000	-1.7527	-.838095
L3.	-.229474	.2561426	-1.14	0.254	-.7945045	.2095561
L4.	.8846644	.2124586	4.16	0.000	.4682532	1.301076
L5.	-.462893	.1251787	-3.7	0.000	-.7083768	-.2172819
L6.	.002839	.0711787	0.04	0.968	-.1366691	.1423462

Lags	TDES	TDES Std. Err.	TDES z	TDES P> z	TDES [95% Conf. Interval] Lower	TDES [95% Conf. Interval] Upper
L1.	-1.13397	.5026243	-2,26	0,024	-2.119092	-.1484,405



Lags	TDES	TDES Std. Err.	TDES z	TDES P> z	TDES [95% Conf. Interval] Lower	TDES [95% Conf. Interval] Upper
L1.	.061892	.153745	0.40	0.687	-.2394421	.3632251
L2.	-.3786502	.1595094	-2.37	0.018	-.691283	-.0660175
L3.	1.814629	.2957505	6.14	0.000	-1.234969	2.394289
L4.	-.5013551	.3740008	-1.34	0.180	-1.234383	.231673
L5.	-.257349	.3327355	-0.77	0.439	-.9094986	.3948006
L6.	.1987095	.2324928	0.85	0.393	-.2569681	.654387
<hr/> _cons	.7546734	.2856566	2.63	0.008	.1930144	1.316332

*Nota:* elaboración propia de los resultados del modelo VAR

## 5. Resultados

El PIB tiene un impacto positivo y significativo en el S&P 500, especialmente en los primeros rezagos (L1 y L2). Esto sugiere que un aumento en el crecimiento económico tiende a impulsar el mercado bursátil, lo que es consistente con la teoría económica estándar (Blanchard, 2017).

El S&P 500, a su vez, tiene una influencia positiva sobre el PIB, aunque más moderada en el tiempo. Esto refleja la relación bidireccional entre los mercados financieros y la actividad económica (Stock & Watson, 2001).

La Tasa de Desempleo (TDES) mostró un impacto negativo sobre el PIB y el S&P 500, lo que sugiere que el deterioro del mercado laboral tiene efectos adversos tanto en el crecimiento económico como en el rendimiento del mercado bursátil.

### 5.1 Interpretación de los Coeficientes

Cada ecuación del VAR estima el impacto de los valores rezagados de las tres variables. A continuación, se resumen algunos de los resultados más destacados:

**D\_SP500:** Los valores rezagados del S&P 500 tienen un impacto significativo sobre el propio S&P 500, lo que refleja la autocorrelación en los rendimientos bursátiles. Además, los rezagos del PIB tienen un impacto positivo significativo sobre el S&P 500, lo que indica que el crecimiento económico tiene efectos favorables sobre el mercado bursátil.

**PIB:** Los rezagos del S&P 500 y de la tasa de desempleo son significativos para explicar el PIB. Esto sugiere que los cambios en el mercado laboral y financiero afectan el crecimiento económico.

TDES : Los valores rezagados del PIB y del S&P 500 también explican en parte la variabilidad de la tasa de desempleo, lo que indica una interdependencia entre estas variables en el sistema económico.

## 5.2 Prueba de Causalidad de Granger

Como parte del análisis econométrico, se realizó la Prueba de Causalidad de Granger para evaluar las interrelaciones entre las variables clave del estudio: D\_SP500, Producto Interno Bruto (PIB) y Tasa de Desempleo (TDES). Esta prueba permite determinar si los valores pasados de una variable contienen información valiosa para predecir el comportamiento futuro de otra. En otras palabras, se busca establecer si una variable "Granger-cause" a otra, lo que implica una relación predictiva y dinámica entre ellas, ver (Tabla 8).

**Tabla 8.** Test de causalidad de Granger

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
D_SP500	PIB	14.805	6	0.022
D_SP500	TDES	7.616	6	0.268
D_SP500	ALL	25.088	12	0.014
PIB	D_SP500	18.14	6	0.006
PIB	TDES	340.05	6	000.0
PIB	ALL	490.99	12	000.0
TDES	D_SP500	15.641	6	0.016
TDES	PIB	49.582	6	0.000
TDES	ALL	95.12	12	0.000

*Nota:* Elaboración propia a partir de resultados del test de Granger.

En el modelo con el S&P 500 como variable dependiente, los resultados indican que el PIB Granger-cause al S&P 500, con un valor de chi-cuadrado de 14.805 y un p-valor de

0.022, lo que sugiere que los valores pasados del PIB son útiles para predecir el comportamiento futuro del mercado bursátil. Esto refleja que el crecimiento económico desempeña un papel clave en las expectativas y el rendimiento del mercado financiero. Sin embargo, la Tasa de Desempleo no resultó ser un predictor significativo del S&P 500, con un p-valor de 0.268, lo que indica que los cambios en el mercado laboral no afectan directamente las fluctuaciones del índice bursátil. No obstante, cuando se consideran conjuntamente el PIB y la Tasa de Desempleo, el valor chi-cuadrado de 25.088 con un p-valor de 0.014 confirma que, en conjunto, ambas variables tienen un efecto predictivo significativo sobre el S&P 500.

Al examinar el modelo con el PIB como variable dependiente, se encontró que tanto el S&P 500 como la Tasa de Desempleo tienen una relación predictiva importante con el PIB. El valor de chi-cuadrado de 18.14 (p-valor = 0.006) muestra que el S&P 500 Granger-causa al PIB, lo que sugiere que las fluctuaciones en el mercado bursátil contienen información útil para prever el crecimiento económico. Esto es consistente con la teoría de que el mercado financiero refleja expectativas sobre la actividad económica futura. Además, el valor de 340.05 en el chi-cuadrado (p-valor = 0.000) confirma que la Tasa de Desempleo tiene un impacto significativo sobre el PIB, lo que resalta la importancia del mercado laboral como un determinante clave del crecimiento económico. La prueba conjunta, con un valor de 490.99 en chi-cuadrado (p-valor = 0.000), ratifica que ambas variables, el S&P 500 y la Tasa de Desempleo, son buenos predictores del PIB.

Por último, en el modelo con la Tasa de Desempleo como variable dependiente, se encontró que tanto el S&P 500 como el PIB Granger-causan a la Tasa de Desempleo. El valor de 15.641 en el chi-cuadrado (p-valor = 0.016) muestra que el S&P 500 tiene un impacto predictivo sobre la Tasa de Desempleo. Esto refleja la interconexión entre el mercado

financiero y el mercado laboral, ya que el desempeño bursátil puede afectar la creación de empleo o la inversión en las empresas. Por su parte, el PIB también tiene un impacto altamente significativo sobre la Tasa de Desempleo, con un valor de chi-cuadrado de 49.582 (p-valor = 0.000), confirmando que los cambios en la actividad económica son un determinante crucial de las fluctuaciones en el desempleo. De manera conjunta, el análisis de causalidad muestra que tanto el S&P 500 como el PIB son predictores importantes de la Tasa de Desempleo, con un valor de 95.12 en el chi-cuadrado (p-valor = 0.000).

### 5.3 Pruebas de Diagnóstico del Modelo VAR

Una vez estimado el modelo VAR, es fundamental llevar a cabo una serie de pruebas de diagnóstico para asegurar que el modelo es adecuado y robusto. Estas pruebas permiten verificar que se cumplen los supuestos subyacentes al modelo, como la ausencia de autocorrelación en los residuos, la estabilidad del sistema, y la normalidad de los errores. A continuación, se describen las pruebas realizadas y los resultados obtenidos (Tabla 9).

**Tabla 9.** Prueba varstable condición de estabilidad

Eigenvalue			Modulus
0.9650398			.96504
0.4989394	+	.8064939i	.948353
0.4989394	-	.8064939i	.948353
0.8082949	+	.4627745i	.931397
0.8082949	-	.4627745i	.931397
-0.1037266	+	.7686516i	.768722
-0.010372	-	.7686516i	.768722
-0.736511			.736511
-0.594161	+	.423473i	.729628
-0.594161	-	.423473i	.729628
-0.567253	+	.4269839i	.709994
-0.567253	-	.4269839i	.709994
0.434295	+	5461055i	.697742

0.434295	-	5461055i	.697742
-0.108649	+	.5276367i	.538707
-0.108649	-	.5276367i	.538707
0.2913669	+	.1033872i	.309166
0.2913669	-	.1033872i	.309166

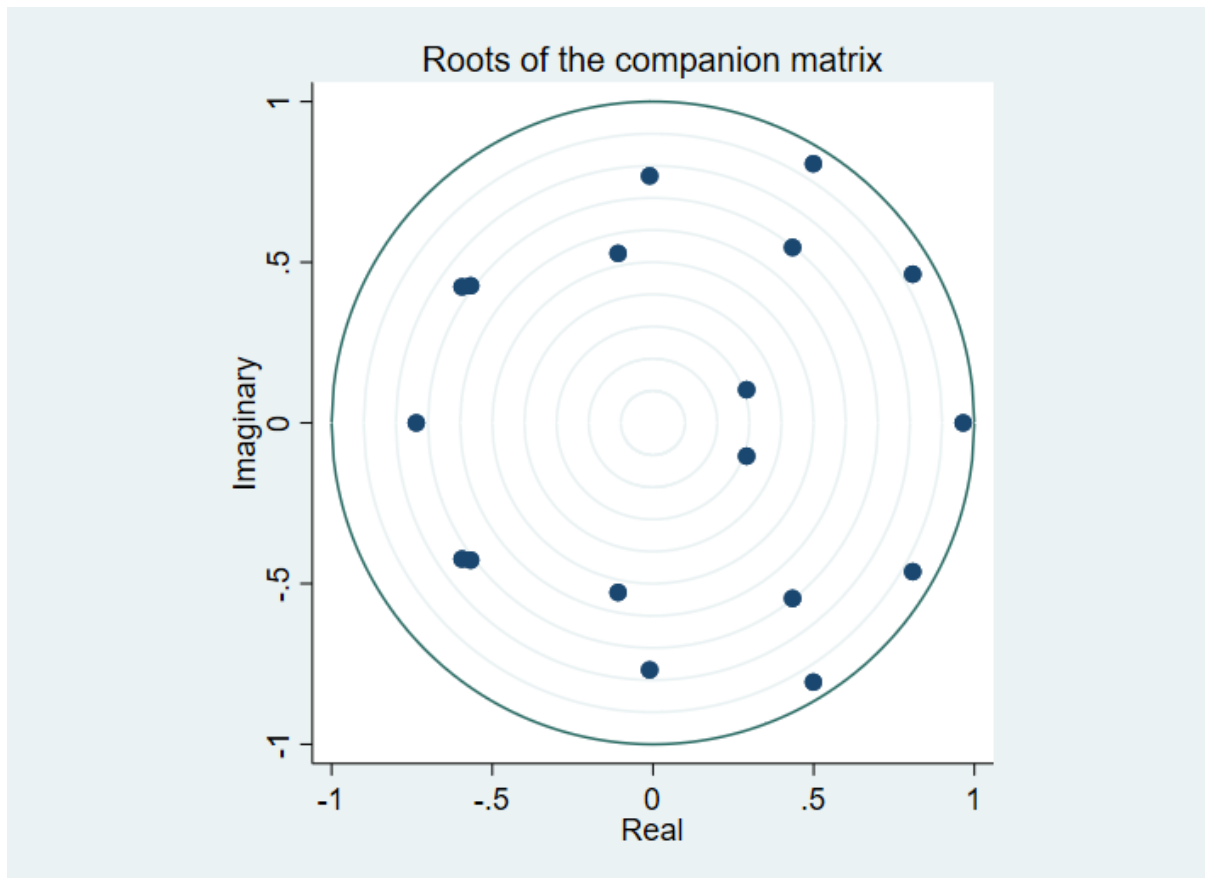
*Nota:* elaboración propia a partir del resultado de la aplicación de la prueba de estabilidad

#### **5.4 Prueba de Estabilidad (varstable)**

La prueba de estabilidad es crucial para asegurar que el modelo VAR es estable, es decir, que los choques o shocks en el sistema no resulten en un comportamiento explosivo de las variables. Para que el modelo sea considerado estable, los valores propios (eigenvalues) del sistema deben encontrarse dentro del círculo unitario (es decir, su módulo debe ser menor que uno), ver (Figura3).

En este estudio, la prueba de estabilidad se realizó utilizando el comando varstable, y los resultados indicaron que todos los valores propios del sistema se encontraban dentro del círculo unitario. Esto confirma que el modelo es estable y que las dinámicas capturadas por el VAR no generan comportamientos explosivos en las variables a lo largo del tiempo. La estabilidad del modelo es fundamental para garantizar la validez de las simulaciones y predicciones (Lütkepohl, 2005).

**Figura 3.** Círculo Unitario - Estabilidad del modelo



*Nota.* Elaboración propia con base a los resultados obtenidos de la prueba varstable.

### 5.5 Prueba de Normalidad de los Residuos (Jarque-Bera Test)

**Tabla 10** Kurtosis Test

Equation	Kurtosis	chi2	df	Prob > chi2
D_SP500	5.61	35.195	1	0.0000
PIB	14.388	669.989	1	0.0000
TDES	83.918	150.205	1	0.0000
ALL		855.389	3	0.0000

**Tabla 11** Skewness

Equation	Skewness	chi2	df	Prob > chi2
D_SP500	-12,276	31,143	1	0.0000
PIB	-20,472	86,615	1	0.0000

TDES	37,622	2,925	1	0.08721
ALL		120,683	3	0.00000

**Tabla 12** Jarque-Bera Test

Equation	chi2	df	Prob > chi2
D_SP500	66.338	2	0.0000
PIB	756.604	2	0.0000
TDES	153.13	2	0.0000
ALL	976.072	6	0.0000

*Nota:* elaboración propia a partir del resultado el test de Kurtosis y Skewness.

El test de normalidad de Jarque-Bera se realizó para verificar si los residuos del modelo VAR siguen una distribución normal. La prueba se divide en dos componentes: asimetría skewness ver (Tabla 11) y curtosis kurtosis ver (Tabla 10), que se suman para obtener el test de Jarque-Bera. Aunque la normalidad de los errores no es un requisito esencial para la estimación del VAR, muchos procedimientos de inferencia estadística, como las pruebas de significancia, asumen normalidad en los errores. Por ello, es útil realizar esta prueba como una medida adicional de diagnóstico.

Los resultados del test de Jarque-Bera ver (Tabla 12), indicaron que los residuos no siguen una distribución normal, con un p-valor de 0.000 para cada una de las tres variables del sistema (D\_SP500, PIB y TDES). Específicamente:

La serie D\_SP500 mostró una asimetría significativa (-1.2276) y un valor alto de kurtosis (5.61), lo que indica la presencia de colas más gruesas de lo que se esperaría bajo una distribución normal.

La Tasa de Desempleo (TDES) también presentó un exceso de curtosis (8.3918), lo que indica una distribución con colas más largas.

El PIB mostró una fuerte desviación tanto en asimetría (-2.0472) como en kurtosis (14.388), lo que implica que los residuos del PIB presentan colas más gruesas y una distribución menos simétrica que la normal (Hamilton, 1994).

Aunque la falta de normalidad en los residuos puede afectar algunos procedimientos de inferencia, esto no invalida completamente los resultados del VAR. En la práctica, la normalidad de los residuos es una suposición menos estricta en los modelos VAR, y se pueden utilizar procedimientos robustos o transformaciones para mitigar los efectos (Lütkepohl, 2005).

Las pruebas de diagnóstico realizadas indican que el modelo VAR estimado es robusto y estable. En particular, el modelo cumple con las condiciones de estabilidad, con todos los valores propios dentro del círculo unitario. No se detectó autocorrelación significativa en los residuos, lo que sugiere que el modelo captura adecuadamente las interrelaciones dinámicas entre las variables. Aunque los residuos no siguen una distribución normal, este resultado no es inusual en modelos de series temporales y no compromete la validez de los resultados del VAR, aunque puede requerir un enfoque cuidadoso en la interpretación de las inferencias estadísticas.

### ***5.6 Prueba de Autocorrelación (Lagrange-Multiplier Test)***

La prueba de Lagrange-Multiplier (LM) se utilizó para detectar la presencia de autocorrelación en los residuos del modelo VAR. La presencia de autocorrelación en los residuos indicaría que el modelo no ha capturado adecuadamente las dependencias dinámicas entre las variables, lo que podría llevar a errores de especificación.

**Tabla 13** Test del multiplicador de LaGrange

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	55.287	9	786
2	51.993	9	8.166

*Nota.* elaboración propia

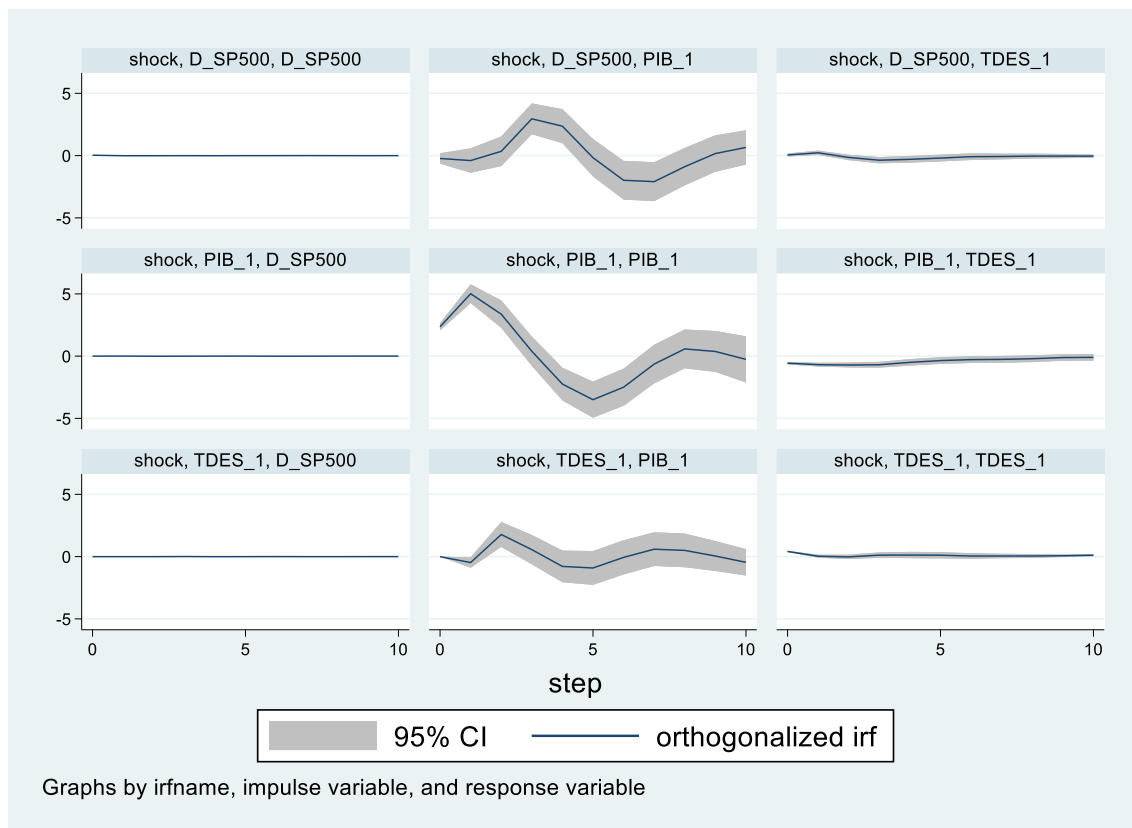
La prueba LM se aplicó para los rezagos 1 y 2 del modelo. Los resultados mostraron valores de chi-cuadrado de 5.5287 (p-valor = 0.786) para el rezago 1 y 5.1993 (p-valor = 0.816) para el rezago 2. Dado que los p-valores son mayores que 0.05, no se rechaza la hipótesis nula de que no hay autocorrelación en los residuos ver (Tabla 13). Esto implica que el modelo está adecuadamente especificado y captura correctamente las relaciones dinámicas entre las variables (Lütkepohl, 2005).

### ***5.7 Análisis de Impulso-Respuesta***

Una vez verificada la robustez y estabilidad del modelo VAR, el siguiente paso fue realizar un análisis de impulso-respuesta (IRF, por sus siglas en inglés) para investigar cómo las perturbaciones (o shocks) en una variable afectan a las demás variables del sistema. El análisis de impulso-respuesta es una técnica ampliamente utilizada en modelos VAR para estudiar las dinámicas causales entre las variables (Lütkepohl, 2005; Sims, 1980).

### ***5.8 Funciones de Impulso-Respuesta Ortogonalizadas (OIRF)***

**Figura 4.** Impulso-Respuesta Ortogonalizadas



*Nota.* Elaboración propia.

El análisis de impulso-respuesta orthogonalizado (OIRF) ver (Figura 4), se utilizó para observar los efectos dinámicos de un shock de una desviación estándar en una de las variables sobre las otras, manteniendo las perturbaciones incorrelacionadas. El uso de las OIRF permite aislar el impacto de un shock en una variable en particular, lo que facilita la interpretación económica de los resultados.

#### **5.8.1 Shock en *D\_SP500* (Variaciones en el S&P 500):**

Un shock positivo en el S&P 500 tuvo un impacto positivo y significativo en el PIB en los primeros periodos, pero el efecto comenzó a disminuir a partir del segundo periodo.

Esto sugiere que un crecimiento inesperado en el mercado bursátil impulsa temporalmente la economía, pero el efecto se disipa con el tiempo.

El impacto sobre la Tasa de Desempleo (TDES) fue mucho más limitado, lo que indica que los shocks en el S&P 500 tienen un efecto reducido en el mercado laboral.

### ***5.8.2 Shock en el PIB:***

Un shock positivo en el PIB generó un aumento en el S&P 500 en los primeros periodos, lo que refleja la estrecha relación entre el crecimiento económico y el desempeño de los mercados financieros. Este resultado es consistente con la teoría macroeconómica, que postula que un crecimiento económico sólido impulsa las expectativas positivas en el mercado bursátil (Blanchard, 2017).

Además, el shock en el PIB condujo a una reducción significativa en la Tasa de Desempleo en los primeros periodos, lo que sugiere que un crecimiento económico inesperado mejora rápidamente las condiciones del mercado laboral.

### ***5.8.3 Shock en TDES (Tasa de Desempleo):***

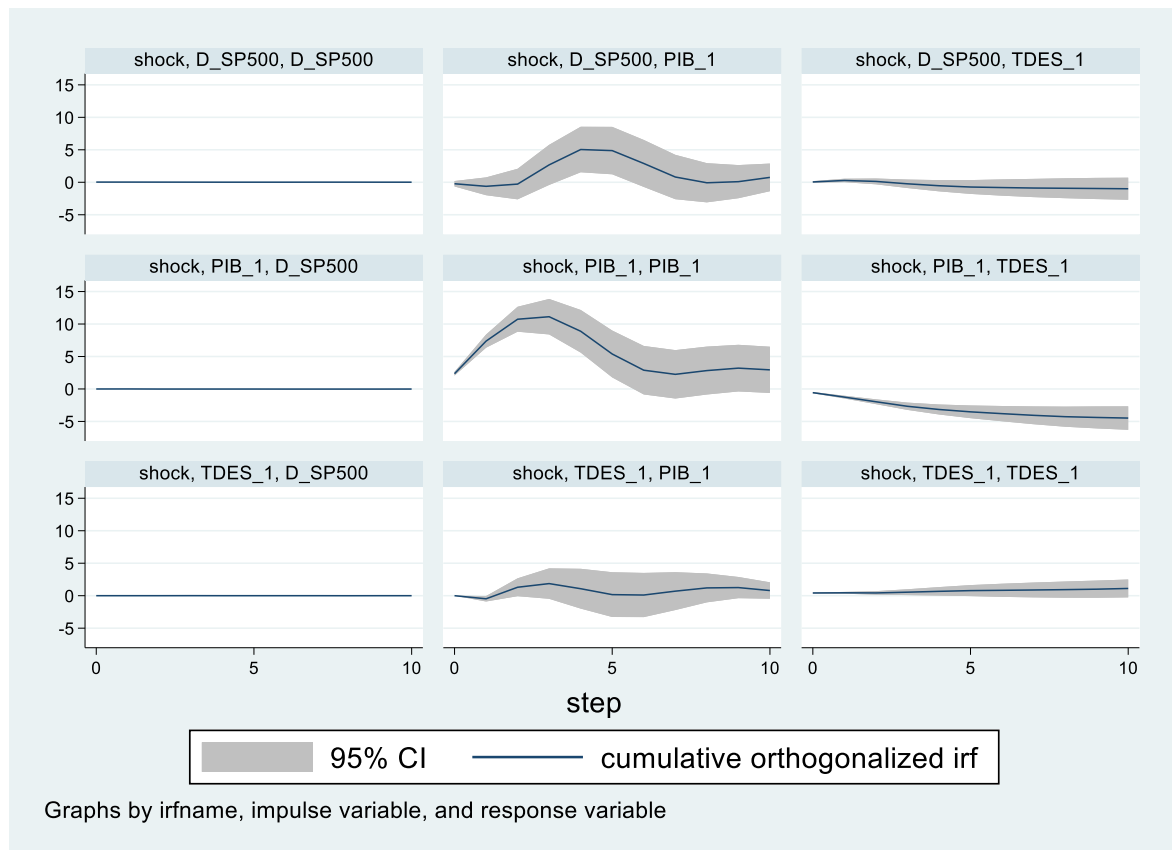
Un shock positivo en la Tasa de Desempleo (es decir, un aumento inesperado del desempleo) tuvo un efecto negativo sobre el PIB y el S&P 500 en los primeros periodos, lo que concuerda con la intuición económica de que un deterioro en el mercado laboral afecta tanto la producción como las expectativas en los mercados financieros. Sin embargo, el efecto sobre el S&P 500 fue menos pronunciado, lo que sugiere que el mercado bursátil es menos sensible a cambios en la Tasa de Desempleo en comparación con el PIB.

En general, los shocks positivos en el PIB tuvieron el mayor impacto en el sistema, afectando tanto al S&P 500 como a la Tasa de Desempleo, mientras que los shocks en el S&P

500 afectaron principalmente al PIB. Los shocks en la Tasa de Desempleo mostraron un impacto más débil en las otras variables.

### 5.9 Funciones de Impulso-Respuesta Acumuladas (CIRF)

**Figura 5.** Impulso - respuesta Acumuladas



*Nota.* Elaboración propia

Además del análisis de impulso-respuesta convencional, también se realizaron funciones de impulso-respuesta acumuladas (CIRF) ver (Figura 5), para observar cómo los efectos de los shocks se acumulan a lo largo del tiempo. Las CIRF son útiles para medir los efectos totales de un shock en el horizonte de tiempo considerado, en lugar de solo el impacto en un periodo específico.

### **5.10 Resultados de las CIRF:**

Un shock acumulado en el PIB tuvo un impacto positivo acumulado sobre el S&P 500, reflejando cómo los efectos del crecimiento económico sobre el mercado bursátil tienden a persistir a lo largo del tiempo.

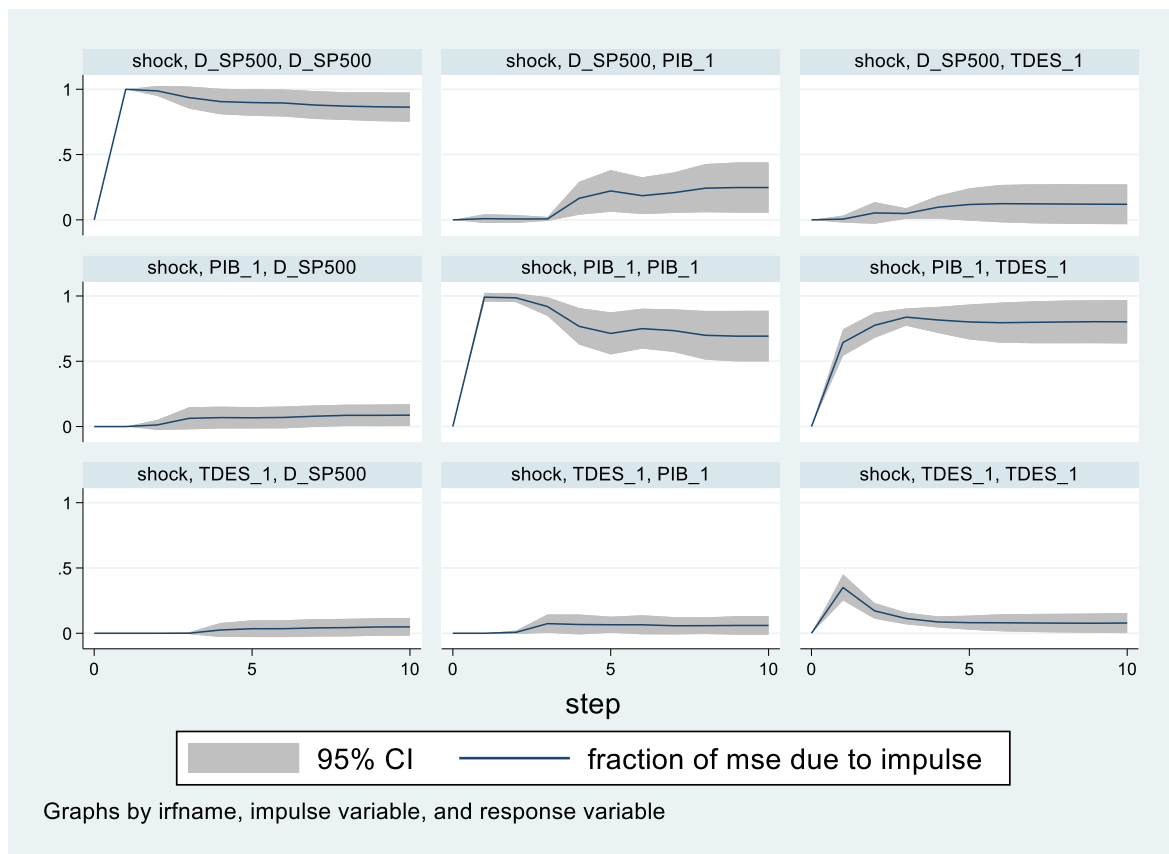
Un shock acumulado en el S&P 500 también mostró efectos positivos en el PIB, pero de menor magnitud, lo que sugiere que las ganancias inesperadas en el mercado bursátil tienden a influir en el crecimiento económico, aunque su impacto acumulativo es más limitado.

En cuanto a la Tasa de Desempleo, un shock positivo en esta variable mostró efectos acumulativos negativos tanto en el PIB como en el S&P 500, lo que indica que los aumentos en el desempleo tienen efectos persistentes en las otras variables.

### **5.11 Descomposición de la Varianza**

Después de analizar los efectos acumulados de impulso-respuesta, se realizó la descomposición de la varianza de los errores de predicción (FEVD) para evaluar la importancia relativa de los shocks en cada una de las variables —D\_SP500, PIB, y Tasa de Desempleo (TDES)— en la explicación de la varianza del error de predicción de las demás variables a lo largo del tiempo. Este análisis es esencial para entender qué parte de la variabilidad de cada variable puede atribuirse a sí misma y qué parte es explicada por las demás variables en el sistema (Figura 6).

**Figura 6.** Impulso-respuesta (IRF)



*Nota.* Elaboración propia

La mayor parte de la varianza del error de predicción del S&P 500 se explica por shocks en sí mismo, lo que es esperado dada la alta autocorrelación de esta variable en los primeros periodos. Esto indica que las fluctuaciones en el índice bursátil son impulsadas principalmente por sus propios shocks, especialmente a corto plazo. No obstante, los shocks en el PIB comienzan a explicar una fracción creciente de la varianza en periodos posteriores, lo que sugiere que el crecimiento económico afecta al comportamiento del S&P 500 a largo plazo. Por otro lado, los shocks en la Tasa de Desempleo no parecen tener un impacto significativo en la variabilidad del S&P 500, lo que indica que las fluctuaciones en el mercado laboral no están notorias con los movimientos bursátiles.

Los shocks en el PIB explican la mayor parte de su propia varianza, especialmente en los primeros periodos, pero esta proporción disminuye con el tiempo. Los shocks en el S&P

500 explican una pequeña fracción de la varianza del error de predicción del PIB, lo que sugiere que, aunque el desempeño del mercado financiero tiene cierta influencia sobre el crecimiento económico, su impacto es moderado. Los shocks en la Tasa de Desempleo, por otro lado, tienen una influencia más significativa en la variabilidad del PIB, destacando la importancia del mercado laboral en la explicación del crecimiento económico a largo plazo. Esto refuerza la teoría de que una economía con mejores condiciones de empleo tiende a mostrar un crecimiento sostenido.

La Tasa de Desempleo es mayormente explicada por sus propios shocks, especialmente en los primeros períodos, lo que refleja su fuerte autocorrelación a corto plazo. Sin embargo, a medida que se avanza en el horizonte temporal, los shocks en el PIB comienzan a jugar un papel mucho más importante en la explicación de la variabilidad del desempleo. Esto indica que las fluctuaciones en el crecimiento económico tienen un impacto significativo en las condiciones del mercado laboral. Además, los shocks en el S&P 500 también tienen una influencia leve pero creciente sobre la Tasa de Desempleo en los periodos posteriores, lo que sugiere que el desempeño del mercado bursátil puede afectar la creación de empleo, aunque de manera indirecta y con un rezago.

## 6. Discusión

Impacto de los shocks en el PIB: Los resultados indican que el PIB es una variable clave que impulsa tanto el mercado bursátil como el empleo. Esto es coherente con el trabajo de Aceves et al (2019), Quien, bajo la metodología de VAR, argumenta la existencia de relaciones de bicausalidad entre el crecimiento económico y el crecimiento bursátil desagregado para la economía mexicana. De igual manera el trabajo de Bernal (2024), logra determinar la incidencia del mercado de valores con el mercado real ecuatoriano mediante correlación de Rho de Spearman determinando que las variables cumplen con una normalidad mediante Shapiro-Wilk, obtenido indicadores que alcanzan una correlación hasta el 92%.

Los shocks positivos en el PIB aumentan el crecimiento económico y mejoran las condiciones del mercado laboral, lo que a su vez genera confianza en los mercados financieros, resultando en un aumento en el S&P 500. El estudio de Zavalaga (2024) establece como el mercado de capitales sirve como una canal mediante el cual se mejora el rendimiento y eficiencia de los recursos, de modo tal que impulsa el crecimiento económico.

Impacto de los shocks en el S&P 500: Los shocks positivos en el S&P 500 también tienen un impacto positivo en el PIB, aunque el efecto es menos persistente que el de los shocks en el PIB. Esto sugiere que los movimientos en el mercado bursátil pueden influir en la actividad económica real, pero no son tan determinantes como el crecimiento económico directo.

Impacto de los shocks en la Tasa de Desempleo: Los shocks negativos en el mercado laboral (aumentos en el desempleo) tienen un efecto perjudicial tanto en el PIB como en el mercado bursátil, lo que refleja el impacto generalizado de un deterioro en las condiciones laborales sobre la economía y los mercados financieros.

## ***7. Conclusión***

El análisis realizado a través del modelo VAR revela que las fluctuaciones en el PIB y la tasa de desempleo tienen un impacto significativo sobre el desempeño del índice S&P 500, evidenciando la interdependencia entre la economía real y los mercados financieros. Específicamente, se observa que el PIB tiene una influencia predominante y positiva en el comportamiento del S&P 500, lo que refuerza la noción de que un crecimiento económico robusto impulsa el rendimiento del mercado bursátil. Esta relación es consistente con la teoría económica, donde el crecimiento del PIB genera expectativas positivas en los inversores, favoreciendo el aumento de los precios de las acciones.

Por otro lado, la tasa de desempleo también se muestra como un factor clave, pero en sentido inverso: un aumento en el desempleo tiende a generar un impacto negativo en el mercado bursátil. Esto se debe a la relación directa entre el deterioro del mercado laboral y la percepción de inestabilidad económica, lo que provoca un descenso en las expectativas del mercado financiero. Sin embargo, el S&P 500 no responde de manera tan inmediata a los cambios en la tasa de desempleo como lo hace ante las variaciones del PIB, lo que sugiere que los inversores otorgan mayor peso a las señales de crecimiento económico que a las del mercado laboral.

Adicionalmente, el análisis de las funciones de impulso-respuesta y la descomposición de la varianza confirma que el PIB es el principal impulsor de las fluctuaciones en el S&P 500, mientras que la tasa de desempleo tiene un rol más moderado, aunque relevante. Las pruebas de causalidad de Granger refuerzan la bidireccionalidad de la relación entre el PIB y el S&P 500, sugiriendo que el desempeño del mercado bursátil puede

servir como un indicador adelantado de la actividad económica, aunque con un efecto limitado.

Finalmente, basándose en los resultados obtenidos, se propone que los inversores y analistas financieros deben prestar especial atención a las tendencias del PIB como principal indicador para predecir el comportamiento del mercado bursátil. Además, las fluctuaciones en la Tasa de Desempleo, aunque menos inmediatas, también ofrecen pistas valiosas para entender las dinámicas a largo plazo en el S&P 500. De acuerdo a estas recomendaciones basadas en los resultados del análisis estadístico, pueden facilitar el entendimiento más profundo del comportamiento del mercado bursátil y ayudar a inversores y analistas financieros a comprender mejor las interacciones entre el PIB, la Tasa de Desempleo y el Índice S&P 500.

## 8. Referencias

- Condori, P. P. C. (2020). El impacto de las variables macroeconómicas en la rentabilidad de la Bolsa de Valores de Lima. *Quipukamayoc*, 28(56), 51-57.
- Candelo-Viáfara, J. M., Oviedo-Gómez, A., & Lozano-Mejía, E. (2023). Macroeconomía y mercado bursátil: el impacto y la transmisión de volatilidad de las variables macroeconómicas al mercado bursátil colombiano. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 31(1), 103-118.
- Laboriano Malca, R. H. Impacto de las variables macroeconómicas en los índices bursátiles a nivel sectorial: Caso peruano de la Bolsa de Valores de Lima.
- Chen, N. F., Roll, R., & Ross, S. A. (1986). Economic forces and the stock market. *Journal of business*, 383-403. <https://www.jstor.org/stable/2352710>
- Buła, R., & Jabłoński, B. (2024). are dividends imp acted by the timing of macro data releases? CASE OF WIG, DAX AND S&P500. Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization & Management/Zeszyty Naukowe Politechniki Slaskiej. Seria Organizacji i Zarzadzanie, (194). <https://managementpapers.polsl.pl/wp-content/uploads/2024/04/194-Bu%C5%82a-Jab%C5%82o%C5%84ski.pdf>
- Nagy, M., Valaskova, K., Kovalova, E., & Macura, M. (2024). Drivers of S&P 500's Profitability: Implications for Investment Strategy and Risk Management. *Economies*, 12(4), 77. <https://www.mdpi.com/2227-7099/12/4/77>
- Keynes, J. M. (1936). *The General Theory of Employment, Interest, and Money*. Harcourt, Brace & World. La obra fundamental de Keynes que sentó las bases de la macroeconomía moderna.
- Fisher, I. (1930). *The Theory of Interest*. Macmillan. Fisher explica la teoría del interés, esencial para entender la relación entre inflación y tasas de interés.
- Modigliani, F. y Cohn, RA (1979) Inflación, valoración racional y mercado. *Financial Analysts Journal*, 35, 24-44. <https://doi.org/10.2469/faj.v35.n2.24>
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94. Este artículo introduce el modelo de crecimiento de Solow, relevante para entender el impacto de la inversión y la tecnología en el crecimiento económico.

- Mishkin, F. S. (2015). *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets* (11th ed.). Pearson. Mishkin proporciona un análisis detallado del sistema financiero y su relación con la economía.
- Campoverde, A., Ortiz, C., & Sánchez, V. (2016). Relación entre la inflación y el desempleo: una aplicación de la curva de Phillips para Ecuador, Latinoamérica y el Mundo. *Revista Económica*, 1(1), 22-34.
- Blanchard, O. (2017). *Macroeconomics* (7th ed.). Pearson.  
[https://www.academia.edu/61148487/Macroeconomia\\_edicion\\_7\\_blnachard\\_1\\_574](https://www.academia.edu/61148487/Macroeconomia_edicion_7_blnachard_1_574)
- Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1345-1370.  
<https://www.jstor.org/stable/1913386>
- Bernanke, B. S., & Gertler, M. (2001). Should Central Banks Respond to Movements in Asset Prices? *American Economic Review*, 91(2), 253-257.  
<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.91.2.253>
- Ratanapakorn, O., & Sharma, S. C. (2007). Dynamic analysis between the US stock returns and the macroeconomic variables. *Applied Financial Economics*, 17(5), 369-377.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09603100600638944>
- Nasseh, A., & Strauss, J. (2000). Stock prices and domestic and international macroeconomic activity: a cointegration approach. *The quarterly review of economics and finance*, 40(2), 229-245.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S106297699900054X>
- de López, E. G. (1988). La política económica y las expectativas racionales. *Economía*, 13(2), 49-62.  
[http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista\\_02/Pdf/Rev02GarnicaL.pdf](http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_02/Pdf/Rev02GarnicaL.pdf)
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48(1), 1-48.  
<https://doi.org/10.2307/1912017>
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2001). Vector autoregressions. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 101–115. <https://doi.org/10.1257/jep.15.4.101>
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press. <https://n9.cl/ugppk1>
- Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer.  
<https://acortar.link/6HRV9e>
- Yule, G. U. (1927). On a Method of Investigating Periodicities in Disturbed Series, with Special Reference to Wolfer's Sunspot Numbers. *Philosophical Transactions of the*

Royal Society of London, Series A, 226, 267-298. <https://federico-ramponi.unibs.it/ddsm/yule.pdf>

Slutsky, E. (1937). The Summation of Random Causes as the Source of Cyclic Processes. *Econometrica*, 5(2), 105-146.

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=191428>

Priestley, M. B. (1981). *Spectral Analysis and Time Series*. London: Academic Press.

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1109733>

Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2002). *Introduction to Time Series and Forecasting*. New York: Springer.

<http://home.iitj.ac.in/~parmod/document/introduction%20time%20series.pdf>

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431. <https://doi.org/10.2307/2286348>.

Zavalaga Zúñiga, J. A. *Crecimiento económico, mercado de valores y mercado de bonos: estudio empírico para el Perú 2003-2019*.

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/23450>

Aceves Mejía, M., Hernandez Contreras, R. G., Louvier Hernández, L. A., Martínez, J. F. T., & Nolasco Pérez, C. D. (2019). Relación Impulso-Respuesta Entre Crecimiento Económico Y Dinámica Bursátil Sectorial, México 1998-2018 (Impulse-Response Relationship between Economic Growth and Sectorial Stock Market Dynamic, Mexico 1998-2018). *Revista Internacional Administración & Finanzas*, 12(1), 21-40. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3462733](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3462733)

## **Anexos**

```
. dfuller D_SP500 //es estacionario
```

```
Dickey-Fuller test for unit root          Number of obs   =      129
```

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(t)	-12.608	-3.500	-2.888	-2.578

```
MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000
```

```
.  
end of do-file
```

```
. dfuller PIB //es estacionario
```

```
Dickey-Fuller test for unit root          Number of obs   =      129
```

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(t)	-5.240	-3.500	-2.888	-2.578

```
MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000
```

```
.  
end of do-file
```

```
. dfuller TDES //es estacionario
```

```
Dickey-Fuller test for unit root          Number of obs   =      129
```

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(t)	-2.763	-3.500	-2.888	-2.578

```
MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0637
```

```
.  
end of do-file
```

Results from shock

step	(1) irf	(1) Lower	(1) Upper	(1) oirf	(1) Lower	(1) Upper
0	1	1	1	.034545	.030246	.038844
1	-.185094	-.365338	-.00485	-.00627	-.012095	-.000445
2	-.161677	-.351479	.028125	-.005726	-.011825	.000373
3	-.06617	-.254632	.122292	-.002646	-.00869	.003397
4	-.222787	-.40815	-.037425	-.005619	-.01171	.000472
5	.020551	-.165118	.206221	-.000724	-.00684	.005392
6	-.050607	-.233884	.13267	-.001522	-.007588	.004545
7	.098631	-.030009	.227271	.004202	-.000521	.008924
8	.034784	-.073868	.143436	.000449	-.00347	.004368
9	-.065427	-.166385	.035531	-.003403	-.007014	.000207
10	-.022516	-.121992	.07696	-.000796	-.004369	.002776

step	(1) sirf	(1) Lower	(1) Upper	(1) fevd	(1) Lower	(1) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	1	1	1
2	.	.	.	.98767	.950284	1.02506
3	.	.	.	.975787	.921136	1.03044
4	.	.	.	.953841	.886078	1.0216
5	.	.	.	.920726	.839568	1.00188
6	.	.	.	.912988	.822632	1.00334
7	.	.	.	.911313	.819857	1.00277
8	.	.	.	.904417	.814484	.994351
9	.	.	.	.889749	.796448	.98305
10	.	.	.	.884938	.789669	.980207

step	(1) sfefd	(1) Lower	(1) Upper	(2) irf	(2) Lower	(2) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	20.2383	7.95927	32.5173
2	.	.	.	58.9004	29.5125	88.2882
3	.	.	.	50.8768	12.2983	89.4553
4	.	.	.	-5.51383	-44.9131	33.8854
5	.	.	.	-51.6548	-92.4516	-10.858
6	.	.	.	-63.3679	-109.373	-17.3622
7	.	.	.	-35.425	-83.0193	12.1693
8	.	.	.	.997936	-43.2349	45.2308
9	.	.	.	22.7848	-18.7912	64.3607
10	.	.	.	20.8559	-19.3258	61.0376

step	(2) oirf	(2) Lower	(2) Upper	(2) sirf	(2) Lower	(2) Upper
0	.071609	-.342511	.48573	.	.	.
1	.651859	-.318919	1.62264	.	.	.
2	2.89629	1.6923	4.10028	.	.	.
3	1.99873	.736284	3.26119	.	.	.
4	-.607372	-1.94786	.733115	.	.	.
5	-2.28442	-3.7565	-.812345	.	.	.
6	-2.26444	-3.82202	-.706852	.	.	.
7	-.924284	-2.46921	.620638	.	.	.
8	.3036	-1.15139	1.75859	.	.	.
9	.78977	-.594344	2.17388	.	.	.
10	.493039	-.857742	1.84382	.	.	.

step	(2) fevd	(2) Lower	(2) Upper	(2) sfevd	(2) Lower	(2) Upper
0	0	0	0	.	.	.
1	.000926	-.009776	.011627	.	.	.
2	.013761	-.028103	.055625	.	.	.
3	.163415	.030794	.296035	.	.	.
4	.219832	.052522	.387143	.	.	.
5	.202894	.051573	.354214	.	.	.
6	.224333	.059071	.389595	.	.	.
7	.255658	.064899	.446417	.	.	.
8	.260138	.063521	.456756	.	.	.
9	.259028	.062551	.455504	.	.	.
10	.263663	.061092	.466234	.	.	.

step	(3) irf	(3) Lower	(3) Upper	(3) oirf	(3) Lower	(3) Upper
0	0	0	0	.158936	.033788	.284084
1	-5.70056	-9.45651	-1.9446	-.207447	-.381474	-.033419
2	-11.0079	-16.4655	-5.55021	-.411504	-.62832	-.194688
3	-10.1651	-16.9235	-3.40671	-.319279	-.567902	-.070657
4	-6.9859	-14.4998	.527966	-.196691	-.454316	.060934
5	-3.27899	-10.9509	4.39292	-.069085	-.326117	.187946
6	-1.13261	-8.64351	6.37829	-.026996	-.278792	.2248
7	-.475917	-6.73935	5.78752	-.007331	-.222355	.207692
8	-.713551	-5.76094	4.33383	-.006659	-.187537	.174219
9	-1.46941	-5.46271	2.52388	-.030007	-.180535	.12052
10	-1.43638	-4.53641	1.66364	-.008484	-.125707	.108739

step	(3) sirf	(3) Lower	(3) Upper	(3) fevd	(3) Lower	(3) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	.048748	-.025186	.122681
2	.	.	.	.064617	.00825	.120984
3	.	.	.	.14097	.020882	.261058
4	.	.	.	.152749	.008082	.297416
5	.	.	.	.150592	-.006765	.30795
6	.	.	.	.143904	-.014842	.30265
7	.	.	.	.140303	-.018202	.298807
8	.	.	.	.137179	-.019671	.294028
9	.	.	.	.134499	-.020792	.289789
10	.	.	.	.13366	-.022001	.289321

step	(3) sfevd	(3) Lower	(3) Upper	(4) irf	(4) Lower	(4) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	-.00132	-.005622	.002982
2	.	.	.	.001325	-.002861	.005512
3	.	.	.	-.002591	-.006728	.001547
4	.	.	.	.000996	-.002771	.004763
5	.	.	.	-.001782	-.004834	.00127
6	.	.	.	.000936	-.002021	.003893
7	.	.	.	-.00003	-.002929	.002868
8	.	.	.	-.002826	-.005364	-.000287
9	.	.	.	-.002203	-.004654	.000249
10	.	.	.	.000742	-.001922	.003406

step	(4) oirf	(4) Lower	(4) Upper	(4) sirf	(4) Lower	(4) Upper
0	0	0	0	.	.	.
1	-.00388	-.009876	.002116	.	.	.
2	.003953	-.001764	.00967	.	.	.
3	-.005474	-.010913	-.000035	.	.	.
4	-.004767	-.009759	.000225	.	.	.
5	.000439	-.004329	.005206	.	.	.
6	.001636	-.002757	.006028	.	.	.
7	-.002896	-.007199	.001407	.	.	.
8	-.004697	-.008835	-.00056	.	.	.
9	-.001689	-.005755	.002377	.	.	.
10	.001999	-.002372	.006369	.	.	.

step	(4) fevd	(4) Lower	(4) Upper	(4) sfevd	(4) Lower	(4) Upper
0	0	0	0	.	.	.
1	0	0	0	.	.	.
2	.012064	-.024933	.04906	.	.	.
3	.023659	-.030191	.077508	.	.	.
4	.045462	-.021838	.112761	.	.	.
5	.058868	-.009966	.127702	.	.	.
6	.058484	-.0091	.126069	.	.	.
7	.060139	-.008449	.128727	.	.	.
8	.064615	-.000528	.129758	.	.	.
9	.078377	.00695	.149805	.	.	.
10	.079167	.009489	.148845	.	.	.

step	(5) irf	(5) Lower	(5) Upper	(5) oirf	(5) Lower	(5) Upper
0	1	1	1	2.35228	2.05952	2.64504
1	1.85665	1.56358	2.14972	5.00616	4.25721	5.7551
2	2.44739	1.7582	3.13657	3.32432	2.23796	4.41069
3	.353372	-.538105	1.24485	.066027	-1.18533	1.31738
4	-1.47853	-2.38426	-.572808	-2.37553	-3.70384	-1.04722
5	-1.94872	-2.87476	-1.02267	-3.30631	-4.72551	-1.8871
6	-.950059	-1.95047	.050349	-2.20874	-3.72049	-.696981
7	.204055	-.815732	1.22384	-.529687	-2.07292	1.01355
8	.577958	-.430648	1.58656	.55231	-.966537	2.07116
9	.112578	-.868547	1.0937	.283932	-1.2054	1.77326
10	-.51816	-1.44875	.412433	-.544263	-2.07567	.987146

step	(5) sirf	(5) Lower	(5) Upper	(5) fevd	(5) Lower	(5) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	.999074	.988373	1.00978
2	.	.	.	.979014	.935507	1.02252
3	.	.	.	.771732	.631683	.911781
4	.	.	.	.714567	.542816	.886318
5	.	.	.	.727906	.572392	.883421
6	.	.	.	.709844	.539196	.880492
7	.	.	.	.685672	.493973	.877371
8	.	.	.	.676237	.479608	.872867
9	.	.	.	.674043	.476264	.871822
10	.	.	.	.669901	.467222	.87258

step	(5) sfevd	(5) Lower	(5) Upper	(6) irf	(6) Lower	(6) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	-.284282	-.373927	-.194638
2	.	.	.	-.302389	-.427105	-.177673
3	.	.	.	-.20543	-.362143	-.048718
4	.	.	.	-.123383	-.299211	.052445
5	.	.	.	-.077164	-.251649	.09732
6	.	.	.	-.085367	-.249255	.078521
7	.	.	.	-.082426	-.227762	.06291
8	.	.	.	-.063457	-.197125	.070211
9	.	.	.	-.02628	-.146764	.094204
10	.	.	.	.02351	-.078357	.125376

step	(6) oirf	(6) Lower	(6) Upper	(6) sirf	(6) Lower	(6) Upper
0	-.563341	-.665101	-.461581	.	.	.
1	-.703577	-.855874	-.551279	.	.	.
2	-.677339	-.868244	-.486433	.	.	.
3	-.648348	-.882354	-.414341	.	.	.
4	-.479762	-.737756	-.221769	.	.	.
5	-.357718	-.62646	-.088977	.	.	.
6	-.265468	-.531471	.000535	.	.	.
7	-.247097	-.513127	.018933	.	.	.
8	-.22914	-.491062	.032781	.	.	.
9	-.142048	-.384328	.100232	.	.	.
10	-.084536	-.304448	.135376	.	.	.

step	(6) fevd	(6) Lower	(6) Upper	(6) sfevd	(6) Lower	(6) Upper
0	0	0	0	.	.	.
1	.612422	.501825	.72302	.	.	.
2	.768623	.685558	.851688	.	.	.
3	.754093	.629829	.878358	.	.	.
4	.760895	.613884	.907907	.	.	.
5	.765066	.602777	.927355	.	.	.
6	.770051	.601474	.938629	.	.	.
7	.775119	.604471	.945768	.	.	.
8	.779578	.608797	.950359	.	.	.
9	.782657	.611822	.953492	.	.	.
10	.782967	.610943	.954991	.	.	.

step	(7) irf	(7) Lower	(7) Upper	(7) oirf	(7) Lower	(7) Upper
0	0	0	0	0	0	0
1	.001375	-.013086	.015835	.000576	-.005484	.006636
2	-.001483	-.016192	.013226	-.000621	-.006785	.005542
3	-.001101	-.016028	.013827	-.000461	-.006716	.005794
4	.012622	-.001833	.027077	.005289	-.000804	.011381
5	-.008219	-.020936	.004497	-.003444	-.00879	.001902
6	.001003	-.011225	.013232	.00042	-.004704	.005545
7	.005013	-.006113	.01614	.002101	-.002569	.00677
8	-.003461	-.011106	.004184	-.00145	-.004659	.001758
9	-.0062	-.013495	.001096	-.002598	-.005672	.000476
10	-.000451	-.006912	.00601	-.000189	-.002896	.002518

step	(7) sirf	(7) Lower	(7) Upper	(7) fevd	(7) Lower	(7) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	0	0	0
2	.	.	.	.000266	-.005327	.005859
3	.	.	.	.000554	-.008124	.009231
4	.	.	.	.000698	-.008708	.010103
5	.	.	.	.020406	-.026334	.067146
6	.	.	.	.028527	-.027437	.084492
7	.	.	.	.028548	-.027458	.084554
8	.	.	.	.030968	-.023716	.085651
9	.	.	.	.031874	-.023784	.087532
10	.	.	.	.035896	-.01826	.090051

step	(7) sfevd	(7) Lower	(7) Upper	(8) irf	(8) Lower	(8) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	-1.13397	-2.11909	-.148841
2	.	.	.	4.31818	1.98243	6.65394
3	.	.	.	1.35833	-1.69162	4.40828
4	.	.	.	-1.95688	-5.06583	1.15207
5	.	.	.	-2.26792	-5.33007	.794232
6	.	.	.	-.046269	-3.15001	3.05748
7	.	.	.	1.79231	-1.27433	4.85895
8	.	.	.	1.43289	-1.56396	4.42975
9	.	.	.	-.033937	-2.66225	2.59438
10	.	.	.	-1.19749	-3.16987	.774891

step	(8) oirf	(8) Lower	(8) Upper	(8) sirf	(8) Lower	(8) Upper
0	0	0	0	.	.	.
1	-.475156	-.89216	-.058153	.	.	.
2	1.80941	.805106	2.81372	.	.	.
3	.569169	-.710788	1.84912	.	.	.
4	-.819977	-2.12669	.486732	.	.	.
5	-.950308	-2.23886	.33824	.	.	.
6	-.019388	-1.31993	1.28115	.	.	.
7	.751017	-.537368	2.0394	.	.	.
8	.600414	-.657555	1.85838	.	.	.
9	-.01422	-1.11554	1.0871	.	.	.
10	-.501773	-1.3306	.327052	.	.	.

step	(8) fevd	(8) Lower	(8) Upper	(8) sfevd	(8) Lower	(8) Upper
0	0	0	0	.	.	.
1	0	0	0	.	.	.
2	.007225	-.005533	.019982	.	.	.
3	.064853	.004316	.12539	.	.	.
4	.065601	-.00893	.140131	.	.	.
5	.0692	.00562	.13278	.	.	.
6	.065823	-.004874	.13652	.	.	.
7	.05867	-.005702	.123043	.	.	.
8	.063624	-.0021	.129348	.	.	.
9	.066929	-.006906	.140765	.	.	.
10	.066436	-.00693	.139802	.	.	.

step	(9) irf	(9) Lower	(9) Upper	(9) oirf	(9) Lower	(9) Upper
0	1	1	1	.419022	.366871	.471172
1	.061892	-.239442	.363225	.025934	-.100373	.15224
2	-.06029	-.489058	.368479	-.025263	-.204953	.154428
3	.293106	-.245038	.83125	.122818	-.103194	.348829
4	.336443	-.2682	.941086	.140977	-.112989	.394942
5	.312789	-.274626	.900203	.131065	-.115614	.377745
6	.114783	-.397878	.627443	.048096	-.166803	.262996
7	.094451	-.290526	.479429	.039577	-.121812	.200966
8	.141783	-.163171	.446737	.05941	-.068586	.187406
9	.142418	-.116629	.401466	.059676	-.049124	.168477
10	.248227	.030914	.46554	.104013	.012038	.195987

step	(9) sirf	(9) Lower	(9) Upper	(9) fevd	(9) Lower	(9) Upper
0	.	.	.	0	0	0
1	.	.	.	.33883	.241845	.435815
2	.	.	.	.16676	.109537	.223983
3	.	.	.	.104937	.064507	.145367
4	.	.	.	.086356	.043781	.128931
5	.	.	.	.084342	.026843	.14184
6	.	.	.	.086045	.014155	.157935
7	.	.	.	.084578	.009	.160157
8	.	.	.	.083243	.005904	.160582
9	.	.	.	.082844	.003046	.162643
10	.	.	.	.083372	.001018	.165727

step	(9) sfevd	(9) Lower	(9) Upper
0	.	.	.
1	.	.	.
2	.	.	.
3	.	.	.
4	.	.	.
5	.	.	.
6	.	.	.
7	.	.	.
8	.	.	.
9	.	.	.
10	.	.	.

```

95% lower and upper bounds reported
(1) irfname = shock, impulse = D_SP500, and response = D_SP500
(2) irfname = shock, impulse = D_SP500, and response = PIB
(3) irfname = shock, impulse = D_SP500, and response = TDES
(4) irfname = shock, impulse = PIB, and response = D_SP500
(5) irfname = shock, impulse = PIB, and response = PIB
(6) irfname = shock, impulse = PIB, and response = TDES
(7) irfname = shock, impulse = TDES, and response = D_SP500
(8) irfname = shock, impulse = TDES, and response = PIB
(9) irfname = shock, impulse = TDES, and response = TDES
.
end of do-file

```

```
. var D_SP500 PIB TDES, lag(1/6)
```

```
Vector autoregression
```

```

Sample: 2010m9 - 2020m12          Number of obs   =      124
Log likelihood = -108.7327        AIC              =    2.673109
FPE              =  .0029286      HQIC             =    3.199745
Det(Sigma_ml)   =  .0011594      SBIC             =    3.969528

```

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
D_SP500	19	.037541	0.2273	36.47269	0.0061
PIB	19	2.55744	0.9429	2049.249	0.0000
TDES	19	.782279	0.8924	1028.042	0.0000