

Impacto de Choques Económicos sobre la Inflación en Colombia 2008-2019: Un Análisis Basado en Funciones Impulso-Respuesta

La inflación es uno de los principales desafíos macroeconómicos que enfrentan las economías emergentes, incluida Colombia. La volatilidad en los precios de bienes y servicios puede afectar significativamente el poder adquisitivo de los hogares, la estabilidad económica y la formulación de políticas monetarias. Comprender los determinantes de la inflación es fundamental para el diseño de estrategias que permitan mitigar sus efectos adversos y garantizar un crecimiento económico sostenible.

Entre los factores que inciden en la inflación, los choques de oferta y demanda juegan un papel determinante, a nivel general los choques macroeconómicos han sido de interés general en el caso de la literatura económica local, siendo que Colombia se caracteriza por ser un pequeño país exportador de materias primas sujeto a las volatilidades del precio de estos bienes. Algunos autores como Cárdenas (1991) y Suescún (1997) han utilizado el marco de análisis de la Teoría de los Ciclos Reales de Negocios (RBC) donde han investigado si existen comovimientos entre los precios del café y el nivel de crecimiento del PIB, donde Cárdenas (1991) encuentra efectivamente que el ciclo real de negocios es explicado por los movimientos del precio del café, Suescún(1997) encuentra que en evidencia no hay un comportamiento procíclico del precio del café respecto al nivel de producto, en este orden de ideas procíclico se refiere a que los movimientos del precio del café se mueven en orden o signo igual al ciclo económico, es decir aumenta cuando la economía está en expansión y disminuye cuando la economía está en recesión.

En la literatura económica colombiana, diversos estudios han abordado el análisis de choques macroeconómicos desde distintos puntos de vista, algunos de forma aislada y otros buscando construir vínculos entre ellos. De forma particular, se ha evidenciado un profundo interés en comprender la naturaleza de los choques de oferta y demanda, su forma de propagación al igual que su efecto sobre la inflación. Utilizando metodologías como los modelos VAR estructurales investigaciones como las de Reinhard (1997), Carrasquilla, Galindo y Patrón (1994) han contribuido a este debate. Algunos de estos estudios pusieron su foco en el papel de los choques monetarios y su efecto temporal sobre la inflación, por otra parte, otros han explorado el papel de la de la tasa de cambio real, la productividad y los términos de intercambio como canales de transmisión en los choques de oferta. En conjunto esta literatura proporciona un marco de análisis útil para comprender como diversas perturbaciones macroeconómicas afectan el comportamiento del ciclo económico en economías abiertas como Colombia.

Ahora podemos desagregar los choques macroeconómicos en dos grandes clases, en choques desde variables que provienen de la oferta y variables que provienen de la demanda. Los choques de demanda pueden originarse por variaciones en el consumo, la inversión, el gasto público por ejemplo cambios estructurales como reformas tributarias o los cambios en la

política monetaria, mientras que los choques de oferta pueden derivarse de fluctuaciones en los precios de insumos y bienes intermedios, costos energéticos, productividad o interrupciones en las cadenas de suministro.

En el caso de Colombia, fenómenos como la depreciación del peso, la volatilidad en los precios del petróleo y las disrupciones logísticas, por ejemplo, los paros camioneros o fenómenos climáticos como temporadas fuertes de sequías y lluvias asociados al fenómeno del niño y de la niña han sido factores clave en la evolución de la inflación a lo largo del tiempo.

El análisis de los choques inflacionarios ha sido ampliamente estudiado en la literatura económica, con modelos que buscan aislar y cuantificar sus efectos en las dinámicas de precios. Sin embargo, en el caso colombiano, la interacción entre factores externos e internos presenta particularidades que hacen necesario un estudio detallado. La dependencia del país de las materias primas, la sensibilidad del tipo de cambio y la respuesta de la política monetaria a estos fenómenos han configurado escenarios inflacionarios complejos que requieren ser analizados con herramientas econométricas avanzadas.

Para capturar la evolución de estos choques a lo largo del tiempo, este estudio se enfocará en el período 2008-2023, lo que permitirá examinar distintos ciclos económicos y eventos clave que han impactado la inflación en Colombia. Entre ellos, se destacan la crisis financiera de 2008-2009, la caída de los precios del petróleo en 2015-2016, la depreciación del peso, la crisis inflacionaria derivada de la pandemia del COVID-19 y el reciente repunte inflacionario en un contexto global de incertidumbre económica.

Los resultados de este análisis contribuirán a la discusión sobre el papel de la política monetaria en economías emergentes y su capacidad para mitigar los efectos de estos choques. Además, proporcionarán un marco de referencia para futuros estudios sobre la evolución inflacionaria en países con estructuras económicas similares a la de Colombia.

Justificación

La inflación afecta de forma directa el bienestar de los hogares Schornpfeil, Weber y Hackethal (2024) un encarecimiento sostenido del nivel general de precios erosiona su poder adquisitivo y su consumo real.

Es de mayor interés el estudio de los determinantes inflacionarios y como los choques macroeconómicos inciden en esta, pues la inflación es más intensiva en la erosión de poder adquisitivo en las familias con menores ingresos, así Hua, Shi (2024) encuentran que las familias con condiciones de bajos ingresos sufren pérdidas más que proporcionales en su capacidad de poder adquisitivo, lo que agrava la desigualdad y dificulta el acceso a bienes y servicios básicos, más allá de esto el bienestar de los individuos. Por otra parte, un entorno inflacionario alto e inestable Li, Londoño y Ma (2025) encuentran que su inestabilidad genera incertidumbre en los mercados financieros, afectando las calificaciones de riesgo, así

elevando la prima de riesgo, encareciendo el crédito para empresas y consumidores, afectando las expectativas de inflación a largo plazo dificultando la planificación de los agentes racionales en la economía en sus decisiones de consumo e inversión. Este clima tiende a mermar el crecimiento potencial de la economía, pues la volatilidad en los precios desincentiva la acumulación de capital (riqueza) y la inversión productiva, es decir aquella inversión destinada a la generación de bienes y servicios finales en la economía.

En el caso colombiano diversos estudios han demostrado que los choques macroeconómicos han sido determinantes en la dinámica de inflación reciente. En base al Fondo Monetario Internacional (2025) Para Colombia la recuperación de la demanda posterior a la crisis del Covid-19 fue el principal driver inflacionario en 2021-2022, mientras que las disrupciones en las cadenas energéticas globales y la volatilidad en los precios del petróleo indujeron una presión al alza sobre los costos internos de producción y transporte. Sin embargo, persiste un grado de ambigüedad o falta de claridad en el peso relativo de cada tipo de choque (oferta y demanda o también internos y externos) y la forma en que inciden sobre la política monetaria.

Es importante profundizar en los choques petroleros, su origen y consecuencias, pues como se explicaba en la introducción del estudio Colombia es un pequeño país exportador neto de materias primas y petróleo, por ende estos choques afectan el producto y el ajuste de la política fiscal y monetaria en sus instrumentos de política para hacerle frente a estos desequilibrios que en conjunto según el Fondo Monetario Internacional (FMI) afectan la estabilidad macroeconómica, que es una situación deseada en la economía con las siguientes características:

Existan condiciones de estabilidad de precios manteniendo la inflación anclada en niveles bajos y predecibles, pues la inflación baja favorece la asignación eficiente de recursos y evita distorsiones en contratos y decisiones de inversión.

La estabilidad fiscal que implica el control del déficit fiscal y la relación deuda/PIB para obtener un financiamiento del gasto público sin comprometer la solvencia del estado.

Por otra parte, el equilibrio externo, es decir la evitación de déficits de cuenta corriente (Balanza Comercial) que requieran una financiación internacional insostenible, donde un desequilibrio externo y persistente expone al país a riesgos de liquidez y crisis cambiarias. La estabilidad financiera, garantiza que el sistema bancario y los mercados financieros puedan absorber choques sin desbordarse.

Certeza y credibilidad en las políticas económicas evitando conductas fiscales y monetarias procíclicas, generando confianza en el marco de política económica, donde las expectativas sólidas ayudan a mitigar la volatilidad y mejoran la efectividad de las intervenciones de política y finalmente el último componente de la estabilidad macroeconómica es el crecimiento económico sostenible, donde existe un panorama deseado en que el PIB real se

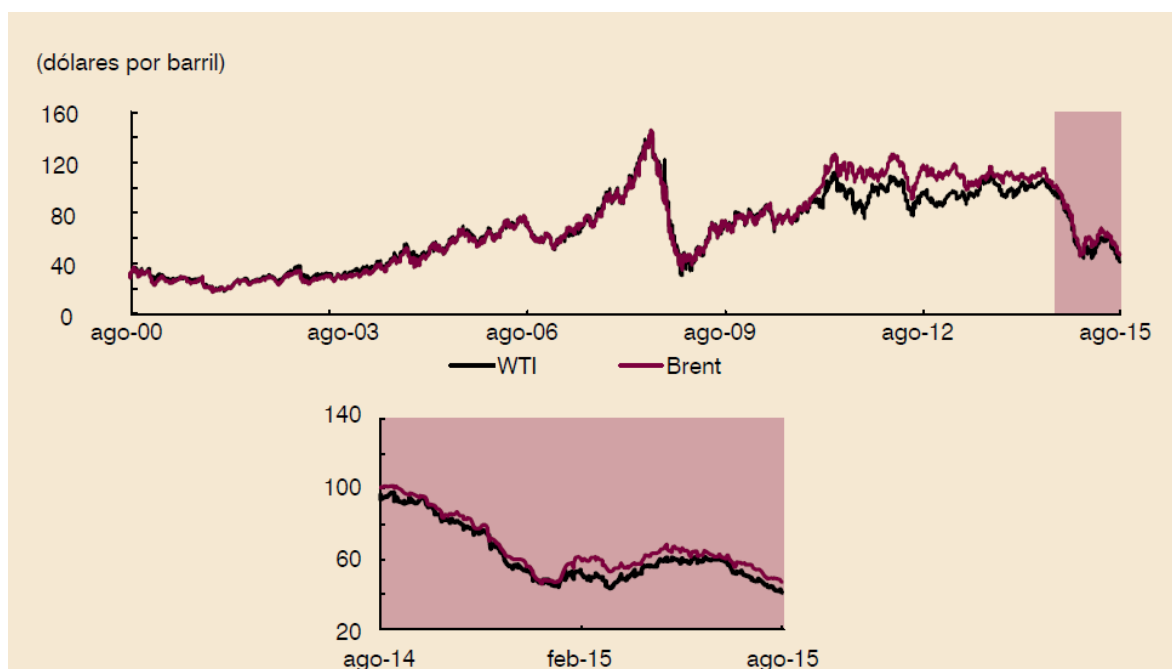
aproxime a su nivel potencial, de tal modo que no hayan presiones excesivas sobre el nivel de precios ni la subutilización de los factores de producción.

A nivel general en el año 2004 según el Banco de la República (2016), los precios del petróleo y algunas materias primas permitieron unos buenos términos de intercambio, esto se derivó en un crecimiento económico, así como la base estructural de un sistema que permitió a Colombia reducir los efectos de la crisis financiera de 2008. Una alta expansión en su producción al igual que una elevada cotización del precio, permitió al sector petrolero tomar protagonismo en la economía colombiana. Por ejemplo en el portafolio de exportaciones del país entre 2010 y 2013 el 51% de las exportaciones totales correspondieron a petróleo y sus derivados, por otra parte los autores recalcan que el 37% del total de la Inversión Extranjera Directa (IED) correspondió a inversión productiva en el sector petrolero, su impacto en las finanzas públicas también fue notable pues entre 2011 y 2014 la participación de los ingresos petroleros en el PIB fueron aproximadamente de 15.6% y los ingresos del gobierno derivado de las regalías del petróleo pasó de 7.5% en 2005 a 18.7% en 2012.

A partir de este panorama positivo para el país, en el año 2014 empezó a ocurrir una caída acelerada, persistente e inesperada de los precios del crudo lo que afectó los términos de intercambio del país. Esta fue la gestación de la crisis petrolera en Colombia. Pues el precio del barril rondaba cerca de los 110 USD por barril en promedio en 2011, en el segundo semestre de 2014 el precio del barril había caído a 45 USD por barril, esto representaba una caída del 60%. Este comportamiento había sido observado durante la crisis financiera de 2008 gestada en Estados Unidos, donde la contracción de la demanda agregada global llevó a una caída del 70% en el precio del barril. A su vez el factor inesperado se vio cuando las proyecciones del precio del barril por ejemplo en escenarios del fondo monetario internacional o el banco mundial y la Administración de Información Energética de Estados Unidos esperaban precios cercanos a 100 USD por barril en 2014 y una leve disminución en el año 2015.

Este comportamiento acelerado en la caída del precio podemos verlo en el Gráfico 1.

Gráfico 1: Precio Internacional del Barril de Petróleo Brent y WTI 2000 - 2015



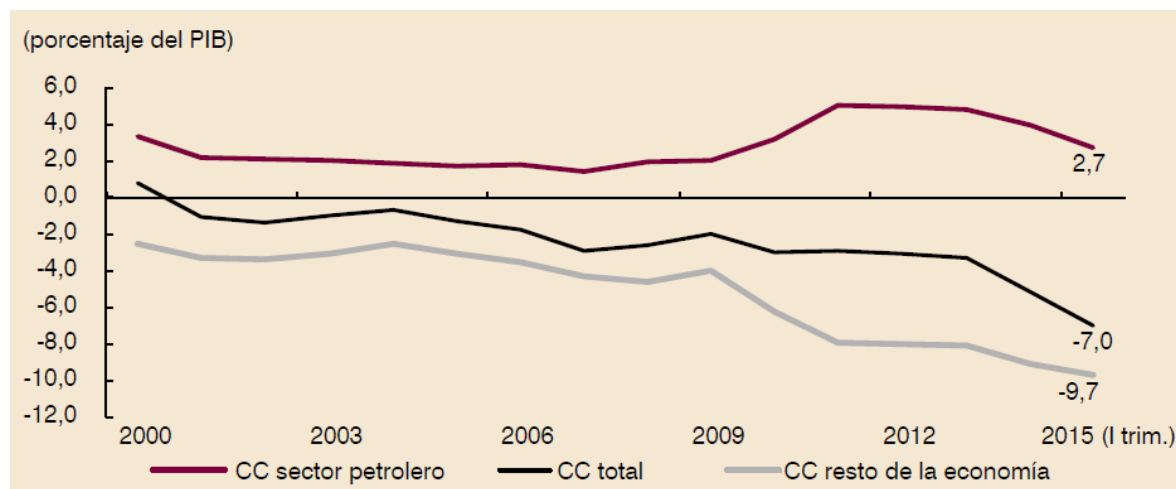
Fuente: Banco de la República

Este comportamiento anómalo en el precio del crudo, tiene distintos factores que convergen a un comportamiento único. En primera medida según la Agencia Internacional de Energía en el año 2014 la oferta de barriles creció por encima de la demanda, lo que causó una acumulación de inventarios en cifras de 1.000.000 de barriles diarios, principalmente en Estados Unidos una facilitación en la financiación de inversión, las expectativas crecientes en los precios del petróleo y la extracción y/o producción de crudos no convencionales. Por otra parte algunos países con riesgo geopolítico es decir países sujetos a sanciones económicas etc. Aceleraron la producción de crudo con el fin de blindarse a efectos de sanciones económicas, algunos países incluyen a Irak, Rusia, Libia etc. Sin embargo, estas sanciones no llegaron finalmente, lo que dejó una gran cantidad de barriles dentro de la oferta mundial de crudo. Ahora si miramos desde la perspectiva de la demanda de crudo, el panorama económico global se encontraba en una situación de desaceleración económica, principalmente de economías emergentes de la época, como China las cuáles habían jalonado la demanda mundial de crudo durante al menos una década. Autores como Arezki y Blanchard (2014) explican que las menores expectativas de demanda en base al panorama global económico explicarían una tercera parte de la caída del precio.

Respecto a esto la OPEP, la organización de productores y exportadores de petróleo decidió no recortar la producción de barriles a pesar de la continua caída del precio, algunos productores decidieron unilateralmente reducir el precio donde buscarían con esto una estrategia para reducir la competencia de exportadores buscando llevar a la quiebra a exportadores de barriles con estructuras de costos más rígidas y sensibles a choques del

precio del barril, dentro de estos su principal competencia eran los productores de hidrocarburos no convencionales, a medida que el precio seguía bajo tendrían mayores dificultades en el financiamiento de sus operaciones y sus beneficios podrían incluso llegar a ser negativos.

Grafico 2: Estimación por Sectores de la Cuenta Corriente 2000-2015



Fuente: Banco de la República

Dentro de los efectos de la crisis petrolera en Colombia, inicio en primera medida con una caída de los términos de intercambio lo que afecta directamente la cuenta corriente de la balanza comercial Colombiana, donde un efecto continuo de déficit en la cuenta corriente implica un superávit en la cuenta de capital, es decir que el país estaba gastando más en importaciones de bienes y servicios, pagos de rentas y transferencias hacia el exterior de lo que recibió por exportaciones y otras entradas similares. Esta defensa para cubrir el déficit externo lleva a la pérdida de acumulación de Divisas por parte del Banco de la República, llevándolo a perder margen de maniobra frente a intervenciones necesarias en el mercado cambiario.

Esta depreciación nominal del peso respecto al dólar comparativamente entre 2014 y 2015 llego a su máximo del 63%, por otra parte, la depreciación real en este mismo periodo fue de 42%. En sus orígenes se considera la pérdida de credibilidad en el Euro por la crisis de Grecia, una mejora en los indicadores de la actividad real de Estados Unidos y las decisiones de la política monetaria de la Reserva Federal, así como la desaceleración de economías emergentes como China.

Ahora intuitivamente se espera que el encarecimiento de las importaciones en base a la depreciación de la tasa de cambio del peso con el dólar, llevara a un encarecimiento de los bienes y servicios importados, que se transmitirían a través de la economía presionando la inflación doméstica al alza.

Otro canal de transmisión fueron las rentas del petróleo al gobierno, afectando las finanzas públicas donde las rentas del petróleo tenían una participación del 19.6% en 2013 empezando a declinar frente a la crisis de los precios del crudo. Comparativamente, aunque no parece tanto la participación del ingreso de las rentas del petróleo en los ingresos del gobierno, en la bonanza petrolera del año 2005 cuando empezó el auge en la producción y exportación de barriles, ayudó al gobierno a reducir su déficit fiscal cerca de 5% del PIB. A grandes rasgos el canal de transmisión de los términos de intercambio y del gasto público generaron una desaceleración o caída en el nivel del crecimiento del PIB con caídas de hasta -3.6% del PIB en 2016.

Por otra parte, la incertidumbre por la caída persistente de los precios del crudo afectó también las primas de riesgo, con un efecto más devastador en las economías emergentes. Para Colombia el efecto de la política fiscal para hacer frente a la caída en los ingresos petroleros en las finanzas públicas y el crecimiento económico detonaron una caída en la confiabilidad o calidad de la deuda colombiana, haciendo que las calificadoras de riesgo bajaran su calificación sobre la calidad de su deuda, principalmente en Bonos donde en junio de 2014 el riesgo soberano en Colombia aumento 121 puntos básicos.

Como consecuencia de estos desequilibrios macroeconómicos una política macro prudencial del Gobierno usando proyecciones conservadoras del precio del crudo buscando tener un margen de error frente a los ingresos fiscales, el régimen de inflación objetivo de la política monetaria, la flexibilidad de la tasa de cambio es decir esta es de libre flotación su nivel se determina por el comportamiento de la oferta y la demanda así como la regla fiscal ayudaron al país a mantenerse a flote en la incertidumbre y los desequilibrios experimentados en esta época.

Objetivo General

Analizar el impacto de los choques macroeconómicos en la inflación en Colombia mediante el uso de modelos VAR, con el fin de comprender su dinámica y aportar evidencia para la formulación de políticas macroeconómicas.

Objetivos Específicos

- Evaluar la efectividad de las respuestas de política monetaria ante estos choques y proporcionar recomendaciones basadas en evidencia empírica para mejorar la estabilidad de precios en el país.
- Identificar los canales de transmisión de los choques macroeconómicos hacia la inflación.
- Proponer medidas de política económica así como analizar las estructuras de política económica existentes para comprender conjuntamente como combatir o robustecer la economía frente a choques internos y externos.

Antecedentes

El estudio de los choques económicos y su impacto en variables macroeconómicas ha sido un tema central en la investigación económica contemporánea. Diversos autores han empleado modelos econométricos avanzados para analizar cómo los shocks de oferta y demanda afectan el crecimiento económico, la inflación y otras variables clave. Este artículo de antecedentes sintetiza los hallazgos más relevantes de la literatura reciente, centrándose en aplicaciones para economías emergentes, particularmente Colombia, y en el desarrollo metodológico de los modelos utilizados.

Factores Asociados a los Choques Económicos Modelos VAR Estructurales (SVAR) Los modelos de Vectores Autorregresivos Estructurales (SVAR) han demostrado ser herramientas poderosas para identificar y analizar choques económicos. Toro et al. (2016) utilizaron este enfoque para examinar el impacto del choque petrolero de 2014 en la economía colombiana, encontrando efectos significativos en los términos de intercambio, el ingreso nacional y las cuentas fiscales. Similarmente, Zuccardi (2002) aplicó el método estructural de Blanchard y Quah (1989) para separar los choques de oferta y demanda en el PIB colombiano, concluyendo que los primeros fueron los principales determinantes del crecimiento durante el periodo 1998-2001.

Lavanda y Rodríguez (2011) extendieron este enfoque al caso peruano, demostrando que los choques de demanda explicaron aproximadamente el 70% de la variación inflacionaria a corto plazo. Estos resultados coinciden con los hallazgos seminales de Blanchard y Quah (1989), quienes establecieron el marco teórico para distinguir entre choques permanentes (oferta) y transitorios (demanda) en el análisis de fluctuaciones económicas.

Críticas y Avances Metodológicos Barsky y Kilian (2004) cuestionaron la visión tradicional sobre el papel de los choques petroleros, argumentando que muchos movimientos de precios podrían ser endógenos a factores de demanda global. Esta perspectiva fue complementada por Baumeister y Hamilton (2020), quienes introdujeron un enfoque bayesiano que relaja las restricciones de identificación tradicionales en los SVAR, encontrando que los choques de oferta petrolera han sido más importantes de lo estimado previamente.

Shapiro (2022) y Sheremirov (2022) desarrollaron metodologías innovadoras para descomponer la inflación en componentes atribuibles a oferta y demanda, destacando diferencias clave en su persistencia temporal. Estos avances metodológicos han permitido una comprensión más matizada de las fuentes inflacionarias y sus implicaciones para la política monetaria.

Aplicaciones al Caso Colombiano Transmisión de Choques Petroleros Varios estudios han analizado los mecanismos de transmisión de los choques petroleros en la economía colombiana. Gonzáles y Hernández (2016) identificaron al consumo privado como un canal clave de transmisión, especialmente durante el periodo 2000-2013 cuando el sector petrolero

ganó importancia. Perilla (2009) encontró que los efectos de estos choques son simétricos a nivel agregado y sectorial, afectando homogéneamente a toda la economía.

Camacho y González (2020) examinaron el impacto del fin del superciclo de commodities, demostrando que este choque de oferta global explicó la mayor parte de las fluctuaciones cíclicas en América Latina durante 2014-2016. Sus hallazgos resaltan las diferencias entre países exportadores e importadores netos de commodities.

Dinámica Inflacionaria La inflación en Colombia ha sido objeto de numerosos estudios. Misas y Vásquez (2002) desarrollaron un modelo para estimar expectativas inflacionarias, validando la relación inversa entre inflación esperada y tasas reales predicha por el modelo de Mundell-Tobin. Misas et al. (2002) emplearon redes neuronales artificiales para capturar relaciones no lineales entre oferta monetaria e inflación, demostrando la superioridad de estos enfoques no lineales.

Echevarria et al. (2011) analizaron la persistencia inflacionaria, encontrando que, aunque el régimen de metas de inflación redujo los niveles y volatilidad de la inflación, no alteró significativamente su dinámica de persistencia. Estos hallazgos sugieren la presencia de inercias estructurales que requieren políticas específicas para su mitigación.

Conclusiones y Perspectivas Futuras La revisión de la literatura evidencia el predominio de los modelos SVAR en el análisis de choques macroeconómicos, particularmente para distinguir entre shocks de oferta y demanda. Los avances recientes en identificación estructural, incluyendo enfoques bayesianos y métodos de descomposición, han enriquecido significativamente el arsenal metodológico disponible.

Para el caso colombiano, los estudios coinciden en la importancia de los choques externos (especialmente petroleros) y en la necesidad de políticas macroeconómicas flexibles para mitigar sus efectos. La dinámica inflacionaria presenta particularidades que justifican el uso de enfoques no lineales y el análisis de sus componentes estructurales.

Futuras investigaciones podrían beneficiarse de integrar estos enfoques con modelos más complejos que capturen interacciones sectoriales y mecanismos de transmisión financiera, así como de incorporar expectativas de manera más explícita en los análisis estructurales.

Metodología

Los modelos de Vectores Autorregresivos son una alternativa para modelos de series de tiempo cuando no conocemos la teoría correcta, es decir no sabemos con exactitud que variables son endógenas y exógenas. Montenegro (2011) Por ejemplo, si tenemos un modelo de ecuaciones simultaneas Keynesiano expresando el consumo C_t y la inversión I_t :

$$C_t = \alpha + \beta * Y_t + \epsilon_t \quad (1)$$

$$Y_t = C_t + I_t \quad (2)$$

Podemos observar que el consumo C_t depende del ingreso Y_t , pero a su vez Y_t depende de C_t . Ahora β es la propensión marginal al consumo, la inversión I_t es exógena y C_t , Y_t , son endógenas.

Si reemplazamos la segunda ecuación en la primera y despejamos C_t :

$$C_t = \alpha + \beta(C_t + I_t) + \epsilon_t = \alpha + \beta * C_t + \beta * I_t + \epsilon_t$$

$$C_t - \beta * C_t = \alpha + \beta * I_t + \epsilon_t$$

$$C_t = \frac{\alpha + \beta * I_t + \epsilon_t}{1 - \beta} = \frac{\alpha}{1 - \beta} + \frac{\beta}{1 - \beta} * I_t + \frac{\epsilon_t}{1 - \beta}$$

$$Y_t = \frac{\alpha}{1 - \beta} + \frac{1}{1 - \beta} * I_t + \frac{\epsilon_t}{1 - \beta}$$

Si estimamos esto por MCO tenemos que $E(y'y)^{-1}y'\epsilon \neq 0$ y $\hat{\beta}$ serían sesgados e inconsistentes.

Ahora si consideramos una alternativa que depende menos de que se tenga la teoría correcta para saber que variables son endógenas y exógenas, suponemos que de entrada existe un sistema de ecuaciones simultáneas y ahora todas las variables son endógenas. Es decir, buscamos poner la forma reducida de las ecuaciones estructurales y dejar que los datos más que la teoría indique que variables deben ser incluidas y cuales excluidas, este es el enfoque de los modelos de Vectores Autorregresivos (VAR).

Podemos escribir una ecuación reducida (es decir la expresión de una variable endógena en función de exógenas o predeterminadas) para cada variable del vector en función de sus propios rezagos y de los rezagos de las otras variables, además del error.

$$X_t = A_0 + A_1X_{t-1} + A_2X_{t-2} + \dots + A_pX_{t-p} + \epsilon_t$$

Donde A_0 es un vector de constantes de tamaño $m * 1$ donde m es el número de variables y $A_1 \dots A_p$ son matrices de coeficientes de orden $m * m$ por otra parte el error, ϵ_t de tamaño $m * 1$ son individualmente ruido blanco.

Para los modelos VAR su matriz varianza y covarianza se define como $E(\epsilon_t\epsilon_t') = \Sigma$.

por ejemplo, si tenemos un modelo VAR (3) con $m = 2$ variables y $p = 3$ rezagos, en su forma completa tendría la siguiente estructura.

$$\begin{pmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{01} \\ \alpha_{02} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_{1,11} & \alpha_{1,12} \\ \alpha_{1,21} & \alpha_{1,22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{1t-1} \\ x_{2t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_{2,11} & \alpha_{2,12} \\ \alpha_{2,21} & \alpha_{2,22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{1t-2} \\ x_{2t-2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_{3,11} & \alpha_{3,12} \\ \alpha_{3,21} & \alpha_{3,22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{1t-3} \\ x_{2t-3} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{pmatrix}$$

Es decir, en una forma de ecuaciones simultáneas tendríamos:

$$\begin{aligned} x_{1t} &= \alpha_{01} + \alpha_{1,11} * x_{1t-1} + \alpha_{1,12} * x_{2t-1} + \alpha_{2,11} * x_{1t-2} + \alpha_{2,12} * x_{2t-2} + \alpha_{3,11} * x_{1t-3} + \alpha_{3,12} * x_{2t-3} + e_{1t} \\ x_{2t} &= \alpha_{02} + \alpha_{1,21} * x_{1t-1} + \alpha_{1,22} * x_{2t-1} + \alpha_{2,21} * x_{1t-2} + \alpha_{2,22} * x_{2t-2} + \alpha_{3,21} * x_{1t-3} + \alpha_{3,22} * x_{2t-3} + e_{2t} \end{aligned}$$

Estas se podrían estimar individualmente a través de máxima verosimilitud, a su vez también se puede usar MCO al ser un sistema simétrico y todas sus variables son endógenas. El modelo VAR fue usado por Sims (1980) con el fin de eliminar la necesidad de restricciones, al ser su finalidad observar la relación entre variables, este modelo se crea a partir de variables endógenas en función de variables exógenas.

Para nuestro caso de estudio, usamos el cambio en la inflación en EE. UU, cambio logarítmico del precio del petróleo, variación de la tasa de política monetaria de Colombia, variación del PIB real, variación del Índice Colcap, variación del desempleo y el cambio en la inflación de Colombia. En base a pruebas de raíz unitaria, usamos Dickey Fuller Aumentado y Phillips Perron, donde nos arrojaron que conjuntamente estas series son integradas de orden 1, es decir I(1) (ver Anexo A). Estas pruebas son relevantes, pues en primera medida tratamos con series de tiempo macroeconómicas por lo que la presencia de estacionariedad es decir media y varianza, autocorrelación no cambian en el tiempo. En la práctica esto implica que las series no tienen tendencia ni cambios de volatilidad persistentes, si las series no son estacionarias los estimadores de MCO pueden ser inconsistentes o tener una distribución no estándar, así como relaciones espurias o engañosas entre las variables. En base a esto buscamos ver las interacciones dinámicas de nuestras variables macroeconómicas y como sus choques son proxy de transmisión de comportamientos estructurales o coyunturales en la economía global que impactan la economía colombiana, especialmente la inflación.

A pesar que un enfoque basado en restricciones puede ser adecuado, es decir identificar a partir de la teoría económica restricciones Sims (1980) realizando una ordenación de variables desde la más exógena a la más endógena, restringiendo la parte por encima de la diagonal y dejando la parte inferior para ser estimada, es decir una matriz diagonal inferior, imponemos un orden jerárquico de transmisión de efectos entre las covariables teniendo una matriz tipo:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{pmatrix}$$

La intuición es simplemente encontrar una matriz de restricciones de tal manera que podamos aislar los choques puros de los correlacionados, finalmente obtendremos esta misma matriz

definida por Sims de tamaño $m * m$ donde m es el número de variables, la diagonal de uno representa el efecto contemporáneo de la variable consigo misma y los a_{ij} se estiman posteriormente al estimar un modelo conjunto tipo:

$$\begin{pmatrix} y_t \\ z_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & 0 \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{1,t} \\ \epsilon_{2,t} \end{pmatrix}$$

A través del algoritmo scoring, mediante el uso de métodos numéricos. Sin embargo, un problema de la identificación estructural es que en primera medida se deben imponer $\frac{m(m-1)}{2}$ restricciones, por otra parte, el orden de selección en las restricciones puede tener grandes efectos en los estimadores posteriores, así que la presencia de errores numéricos como matrices no invertibles o singularidad, no convergencia etc. hacen que a pesar de utilizar restricciones adecuadas basadas en teoría económica computacionalmente puedan presentarse problemas de cálculo. Para reducir la dificultad del problema que se aborda, el uso de modelos VAR(p) (ver Anexo B) correctamente especificados, junto a variables que sean proxy o transmisoras de choques nos permiten ver un primer resultado sobre este problema. En base a esto las funciones Impulso Respuesta (IRF) nos muestran cómo reaccionan cada variable en el sistema ante un choque exógeno o impulso en una de las variables a lo largo del tiempo, por ejemplo, para nuestro contexto un aumento inesperado del precio del petróleo que ha sido el principal elemento gestor de crisis petroleras en Colombia, para hacer esto reescribimos el VAR en su forma VMA(∞):

$$Y_t = \sum_{i=0}^{\infty} \Psi_i u_{t-i}$$

Cada matriz Ψ_i permite identificar como un shock en una variable afecta a todas las otras en los siguientes periodos. Sin embargo, como los errores u_t pueden estar correlacionados se aplica una identificación estructural tipo Cholesky o matrices AB para obtener innovaciones o choques puros ortogonales ϵ_t que representen choques estructurales verdaderos.

Una vez que tenemos esto es de utilidad saber que proporción de la incertidumbre futura o volatilidad de la inflación se explica por choques en cada una de las variables del sistema ya sean 1, 2, 5 o 10 periodos delante. Esto lo hacemos a través de la descomposición de la varianza, que simplemente se calcula cuanto aporte acumulado tiene cada shock a la variabilidad de la serie en distintos horizontes de tiempo.

Resultados

Análisis Exploratorio

Tabla 1: Estadísticas Descriptivas de la Inflación Trimestral en Colombia

Media	8.383154
--------------	-----------------

Mediana	6.05
Mínimo	1.5566
Máximo	24.57
Desviación Estándar	6.465243
Coeficiente de Variación (%)	77.1218
Asimetría	1.1816
Curtosis	3.0361
Tasa de Crecimiento Promedio (%)	-1.20976

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 1** se presentan las estadísticas descriptivas de la inflación trimestral en Colombia desde el año 2000. El análisis evidencia que la inflación ha presentado un comportamiento heterogéneo a lo largo del período hasta la década de 2020.

La media de la inflación trimestral se sitúa en 8.38%, lo cual indica niveles relativamente altos en el contexto de las metas de inflación establecidas por el Banco de la República, que en los últimos años se han ubicado en un rango meta entre el 2% y el 4%. La mediana, por su parte, es de 6.05%, lo que sugiere que más del 50% de los valores observados se encuentran por debajo de esta cifra. La diferencia entre la media y la mediana indica una distribución asimétrica, con presencia de valores extremos hacia la derecha.

La inflación mínima observada durante el período fue de 1.56%, mientras que la máxima alcanzó un 24.57%, reflejando episodios de inflación muy elevada que podrían estar asociados a choques de oferta, presiones cambiarias, o eventos extraordinarios. La desviación estándar, de 6.47%, confirma una alta variabilidad en la inflación, lo cual es ratificado por el coeficiente de variación, que alcanza un 77.12%, evidenciando un entorno macroeconómico caracterizado por una marcada volatilidad inflacionaria.

En cuanto a la forma de la distribución, el coeficiente de asimetría de 1.18 muestra una distribución sesgada positivamente, es decir, con una mayor concentración de observaciones en valores más bajos y algunos picos de inflación elevada que empujan la media hacia arriba. La curtosis, de 3.04, se aproxima al valor de una distribución normal (curtosis = 3), lo cual indica una forma de distribución moderadamente leptocúrtica, con colas ligeramente más pesadas que la normal.

Finalmente, la tasa de crecimiento promedio de la inflación, de -1.21%, sugiere que, en promedio, la inflación trimestral ha tendido a disminuir durante el período analizado. Este resultado puede interpretarse como un reflejo del fortalecimiento del régimen de metas de inflación, la consolidación de la política monetaria, y una mayor credibilidad institucional por parte del banco central.

En conjunto, estas estadísticas reflejan un contexto inflacionario históricamente inestable en Colombia, pero con señales de mejora estructural en términos de control y reducción de la inflación a lo largo del tiempo.

Tabla 2: Estadísticas Descriptivas de la Tasa de Interés de Política Monetaria

Media	6.5384
Mediana	6.01944
Mínimo	1.75
Máximo	13.25
Desviación Estándar	3.0776
Coefficiente Variación (%)	47.0697
Asimetría	0.5825
Curtosis	2.3650
Tasa Crecimiento Promedio (%)	-0.0024057

Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla 2** resume las estadísticas descriptivas de la Tasa de Política Monetaria (TPM) en Colombia para el período analizado. Este indicador, fundamental en la transmisión de la política monetaria, ha mostrado un comportamiento relativamente estable, aunque con episodios de ajuste frente a choques macroeconómicos.

Durante el período, la media de la TPM fue de 6.54%, y la mediana de 6.02%, lo cual indica que el Banco de la República mantuvo una política monetaria con un sesgo ligeramente contractivo en promedio, pero sin desviaciones significativas del centro de la distribución.

El valor mínimo observado fue de 1.75%, reflejando un contexto de política monetaria altamente expansiva, posiblemente en respuesta a crisis económicas globales o caídas en la demanda interna. Por el contrario, el máximo de 13.25% sugiere episodios de endurecimiento monetario en contextos de presiones inflacionarias elevadas o inestabilidad cambiaria.

La desviación estándar de 3.08% y el coeficiente de variación de 47.07% indican una moderada volatilidad en la TPM, coherente con un régimen de metas de inflación donde la autoridad monetaria ajusta su tasa de referencia en respuesta a desequilibrios macroeconómicos o desviaciones del objetivo inflacionario.

El coeficiente de asimetría, de 0.58, revela una leve inclinación hacia valores más altos, lo que sugiere que los periodos con tasas elevadas, aunque poco frecuentes, tuvieron un impacto relevante en la distribución general. La curtosis, de 2.37, indica una distribución platycúrtica, es decir, con colas menos pesadas que una distribución normal, lo que sugiere una menor frecuencia de eventos extremos.

Finalmente, la tasa de crecimiento promedio de la TPM es prácticamente nula (-0.0024%), lo cual sugiere que, a lo largo del tiempo, la tasa no ha seguido una tendencia sostenida al

alza o a la baja, sino que ha respondido de forma contracíclica a las condiciones macroeconómicas del país.

En resumen, la TPM en Colombia ha mostrado un comportamiento consistente con los principios de una política monetaria contracíclica, con ajustes moderados en respuesta a choques económicos y un anclaje general a los objetivos de inflación.

Tabla 3: Estadísticas Descriptivas de la Tasa de Desocupados

Media	11.6938
Mediana	11.1444
Mínimo	8.8863
Máximo	20.9374
Desviación Estándar	2.1988
Coefficiente Variación (%)	18.80363
Asimetría	1.3982
Curtosis	5.4783
Tasa Crecimiento Promedio (%)	-0.54677

Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla 3** presenta las estadísticas descriptivas de la tasa de desocupación en Colombia. Esta variable constituye uno de los principales indicadores del mercado laboral y del ciclo económico, dado que refleja la proporción de personas activamente buscando empleo sin éxito dentro de la fuerza laboral.

Durante el periodo de análisis, la tasa promedio de desocupación fue de 11.69%, mientras que la mediana se ubicó en 11.14%, lo cual sugiere una ligera concentración de observaciones en niveles moderadamente bajos dentro de un entorno estructuralmente alto de desempleo. Estos valores reflejan una situación persistente de desempleo estructural en el país.

El valor mínimo observado fue de 8.89%, mientras que el máximo alcanzó un alarmante 20.94%, lo que evidencia la ocurrencia de choques severos en el mercado laboral, probablemente asociados a crisis económicas internas o externas, como la recesión global de 2008-2009 o la crisis derivada de la pandemia por COVID-19.

La desviación estándar de 2.20% y el coeficiente de variación de 18.80% indican una variabilidad moderada, lo que implica que, a pesar de los episodios de crisis, la tasa de desempleo ha oscilado dentro de un rango relativamente estrecho en el largo plazo.

El coeficiente de asimetría, de 1.40, revela una asimetría positiva significativa, lo que indica que los valores extremos hacia tasas de desempleo altas son más frecuentes o más intensos que los hacia tasas bajas. Esta asimetría refuerza la idea de que los choques adversos tienen efectos duraderos sobre el empleo en Colombia. Asimismo, la curtosis elevada de 5.48 indica una distribución leptocúrtica, es decir, con colas más pesadas que la distribución normal, lo que sugiere la existencia de eventos extremos más frecuentes de lo esperado bajo normalidad.

Finalmente, la tasa de crecimiento promedio negativa, de -0.55%, sugiere una tendencia decreciente en la tasa de desocupación a lo largo del tiempo, posiblemente atribuida a políticas activas de empleo, mejoras en el crecimiento económico o cambios en la estructura demográfica y laboral del país.

En síntesis, aunque la desocupación en Colombia ha mostrado una tendencia levemente descendente, persisten altos niveles estructurales y episodios de deterioro abrupto asociados a crisis, lo cual subraya la necesidad de políticas sostenidas y contra cíclicas que fortalezcan el mercado laboral y reduzcan su vulnerabilidad ante choques externos.

Tabla 4: Estadísticas Descriptivas de la Inflación Anual en Estados Unidos

Media	3.7577
Mediana	3.0150
Mínimo	-0.3555
Máximo	13.5492
Desviación Estándar	2.7270
Coefficiente Variación (%)	72.5729
Asimetría	1.5755
Curtosis	5.4856
Tasa de Crecimiento Promedio (%)	0.61225

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 4 presenta las estadísticas descriptivas de la inflación anual en Estados Unidos, una variable de referencia clave en el análisis de choques externos para economías abiertas como la colombiana, dada su influencia en tasas de interés internacionales, flujos de capital y precios de bienes transables.

Durante el período analizado, la inflación promedio se ubicó en 3.76%, mientras que la mediana fue de 3.02%, lo que sugiere una ligera concentración de observaciones hacia niveles moderadamente bajos de inflación. Sin embargo, el rango observado es amplio, con un mínimo de -0.36% (sugiriendo episodios de deflación) y un máximo de 13.55%, lo que probablemente se asocia a periodos de crisis energética o shocks inflacionarios globales (como los ocurridos en la década de los 70 o, más recientemente, tras la pandemia).

La desviación estándar de 2.73 puntos porcentuales refleja una alta volatilidad relativa de la inflación, como también lo sugiere el coeficiente de variación del 72.57%, indicando que la inflación estadounidense ha estado sujeta a significativas fluctuaciones, algunas de ellas abruptas, durante el periodo considerado.

El coeficiente de asimetría, de 1.58, revela una asimetría positiva pronunciada, lo que indica una mayor presencia o intensidad de episodios con tasas de inflación excepcionalmente altas. Esta característica sugiere que los shocks inflacionarios han sido más comunes o intensos

que los episodios deflacionarios. Además, la curtosis elevada de 5.49 indica una distribución leptocúrtica, es decir, con colas más pesadas que la distribución normal, lo que evidencia la existencia de eventos extremos con mayor frecuencia de lo que se esperaría bajo supuestos normales.

Finalmente, la tasa de crecimiento promedio de la inflación fue positiva (0.61%), lo que indica una tendencia ligeramente ascendente a lo largo del tiempo, aunque su magnitud no es considerable. Este resultado puede reflejar el tránsito de Estados Unidos por distintos regímenes de política monetaria, incluyendo episodios de relajación cuantitativa y tensiones en cadenas globales de suministro.

En conjunto, estos resultados muestran que la inflación estadounidense ha sido históricamente volátil y expuesta a choques externos significativos, lo que justifica su inclusión como variable exógena relevante en el análisis de las presiones inflacionarias en Colombia a través de un modelo VAR.

Tabla 5: Estadísticas Descriptivas del precio del Barril Brent en dólares

Media	65.078
Mediana	61.908
Mínimo	19.9785
Máximo	122.7855
Desviación Estándar	29.9836
Coefficiente de Variación (%)	46.0731
Asimetría	0.33119
Curtosis	1.9760
Tasa de Crecimiento Promedio	1.1490

Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla 5** presenta las estadísticas descriptivas del precio internacional del petróleo Brent, una variable fundamental para economías exportadoras de commodities como Colombia, dado su impacto sobre los ingresos externos, la tasa de cambio y los precios internos a través del canal de costos.

Durante el período analizado, el precio promedio del barril Brent fue de 65.08 dólares, mientras que la mediana se situó en 61.91 dólares, sugiriendo una distribución centrada en torno a valores moderados, aunque con episodios de precios significativamente altos o bajos. El rango de variación es amplio, con un mínimo de 19.98 dólares y un máximo de 122.79 dólares, reflejando tanto periodos de caída de la demanda global como de tensiones geopolíticas o restricciones en la oferta mundial de crudo.

La desviación estándar de 29.98 dólares y un coeficiente de variación del 46.07% indican una alta volatilidad relativa del precio del petróleo durante el período, lo cual es coherente con la naturaleza cíclica y susceptible a choques externos de este mercado.

En términos de forma de la distribución, la asimetría positiva leve (0.33) sugiere una ligera inclinación hacia precios extremos por encima del promedio, mientras que la curtosis de 1.98 implica una distribución platicúrtica, es decir, con colas más delgadas y menor probabilidad de eventos extremos en comparación con una distribución normal. No obstante, la combinación de volatilidad y amplitud en el rango justifica su inclusión en un modelo estructural de inflación.

La tasa de crecimiento promedio del precio del Brent fue de 1.15%, reflejando una tendencia creciente en el precio del crudo a lo largo del tiempo, compatible con un contexto de recuperación económica global, tensiones en la oferta energética y procesos inflacionarios internacionales recientes.

En conjunto, los resultados muestran que el precio del petróleo ha sido altamente volátil, pero con una tendencia ascendente, lo que lo convierte en un determinante crucial a considerar en la dinámica inflacionaria de Colombia, tanto por su impacto directo en precios internos como por su influencia sobre la balanza de pagos y la política monetaria.

Tabla 6: Estadísticas Descriptivas del Índice Colcap

Media	1408.496
Mediana	1396.224
Mínimo	814.8413
Máximo	1837.698
Desviación Estándar	238.5629
Coeficiente de Variación (%)	16.93742
Asimetría	-0.4100387
Curtosis	2.677707
Tasa de Crecimiento Promedio (%)	0.8355

Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla 6** presenta las estadísticas descriptivas del Índice COLCAP, el principal referente del mercado accionario colombiano desde su creación en 2008. Este índice agrupa las acciones más líquidas de la Bolsa de Valores de Colombia y constituye un indicador clave del comportamiento del mercado financiero y las expectativas de los inversionistas sobre la economía nacional.

Durante el período comprendido entre 2008 y 2024, el COLCAP registró un valor promedio de 1,408.50 puntos, con una mediana de 1,396.22 puntos, lo que sugiere una distribución centrada y sin grandes distorsiones. El índice presentó un mínimo de 814.84 puntos y un

máximo de 1,837.70 puntos, lo que refleja episodios de volatilidad significativos, posiblemente vinculados con ciclos económicos, choques internacionales (como los precios del petróleo) y factores políticos internos.

La desviación estándar fue de 238.56 puntos, y el coeficiente de variación (16.94%) sugiere una volatilidad moderada en comparación con otras variables macroeconómicas. Esto puede deberse a la naturaleza compuesta del índice, que mitiga los efectos extremos de acciones individuales.

La asimetría negativa (-0.41) indica una ligera concentración de valores en la parte superior de la distribución, mientras que la curtosis (2.68) sugiere una forma de distribución cercana a la normal, aunque con una leve tendencia hacia colas menos pronunciadas.

Por último, la tasa de crecimiento promedio del índice fue de 0.8355%, lo que indica un crecimiento modesto del mercado accionario colombiano durante el período analizado. Este resultado podría reflejar tanto limitaciones estructurales del mercado de capitales como la sensibilidad del índice a factores externos e internos, incluyendo las variaciones en los precios de los commodities y la incertidumbre macroeconómica.

En conjunto, estas estadísticas resaltan la importancia de incluir el COLCAP dentro del modelo VAR para evaluar su interacción con otras variables clave de la economía colombiana, como la inflación, el desempleo y la tasa de política monetaria.

Tabla 7: Estadísticas Descriptivas de la Tasa Representativa del Mercado (TRM)

Media	2328.619
Mediana	2255.486
Mínimo	637.7
Máximo	4807.715
Desviación Estándar	1027.957
Coeficiente de Variación (%)	44.14451
Asimetría	0.3290265
Curtosis	2.456879
Tasa de Crecimiento Promedio (%)	0.0141736

Fuente: Elaboración Propia

La Tasa Representativa del Mercado (TRM) refleja el valor del dólar estadounidense en términos de pesos colombianos y constituye un determinante clave en la dinámica de precios internos, especialmente en economías abiertas y dependientes del comercio internacional como la colombiana.

Durante el período 2000–2024, la TRM presentó un valor promedio de \$2,328.62 COP/USD y una mediana de \$2,255.49, evidenciando una leve dispersión respecto a la media. El valor

mínimo registrado fue de \$637.70, mientras que el máximo alcanzó los \$4,807.72, lo que muestra una alta volatilidad cambiaria, influenciada por factores internos (como la política monetaria y la incertidumbre política) y externos (como los precios internacionales del petróleo, tasas de interés en economías desarrolladas, y choques globales como crisis financieras o sanitarias).

La desviación estándar de \$1,027.96 indica una alta variabilidad en el comportamiento del tipo de cambio, y el coeficiente de variación del 44.14% confirma dicha volatilidad relativa con respecto al promedio. Este nivel de dispersión puede tener implicaciones importantes para la inflación, dado que la TRM afecta directamente los precios de bienes importados y los costos de producción en sectores transables.

La asimetría positiva (0.33) sugiere una ligera inclinación hacia valores extremos por encima de la media, y la curtosis (2.46) indica una distribución moderadamente aplanada en comparación con la normal, sin una alta presencia de valores atípicos extremos.

Finalmente, la tasa de crecimiento promedio de 0.0142% refleja una tendencia al alza en el valor del dólar en el largo plazo, aunque con un crecimiento relativamente estable. Esto puede estar relacionado con una pérdida gradual de valor del peso frente al dólar, alineada con diferenciales de inflación, tasas de interés y desequilibrios en cuenta corriente.

Tabla 8: Estadísticas Descriptivas del Producto Interno Bruto a Precios Constantes de 2015

Media	212770.7
Mediana	194857.2
Mínimo	81353.14
Máximo	443319.7
Desviación Estándar	97675.3
Coeficiente de Variación (%)	45.90637
Asimetría	0.7442172
Curtosis	2.660027
Tasa de crecimiento Promedio (%)	2.1461

Fuente: Elaboración Propia

El Producto Interno Bruto (PIB) a precios constantes de 2015 que vemos en la Tabla 8, es una medida agregada del valor de los bienes y servicios producidos por la economía, ajustada por inflación, lo que permite analizar su evolución en términos reales y hacer comparaciones Inter temporales precisas.

Durante el periodo 2007-2022, el PIB real presentó una media de \$212.77 billones de pesos colombianos y una mediana de \$194.86 billones, lo que sugiere un leve sesgo hacia valores superiores a la media, posiblemente asociados al crecimiento económico sostenido en la primera década del siglo XXI, seguido por expansiones más moderadas en años recientes. El mínimo registrado fue de \$81.35 billones, correspondiente a los primeros años del periodo,

mientras que el máximo alcanzó los \$443.32 billones, reflejando un crecimiento económico acumulado importante a lo largo de más de dos décadas.

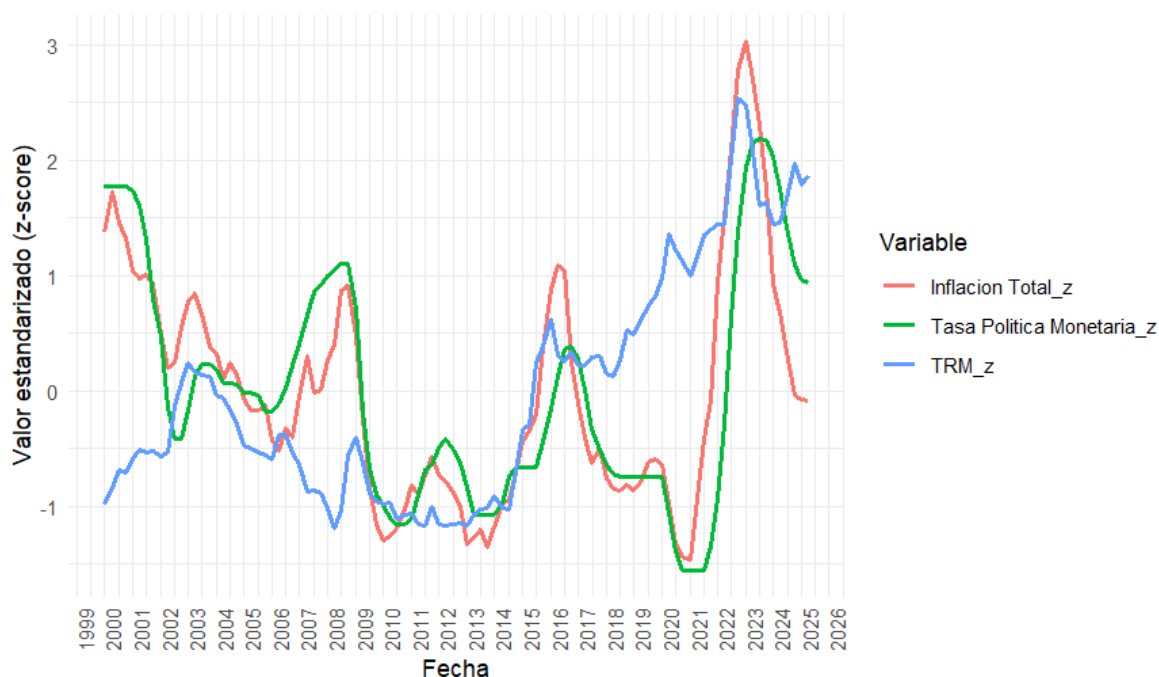
La desviación estándar de \$97.68 billones evidencia una alta dispersión en los niveles de actividad económica a lo largo del tiempo, mientras que el coeficiente de variación del 45.91% indica una volatilidad relativa considerable respecto al promedio, lo cual puede estar asociado a los ciclos económicos, choques externos (como los precios del petróleo o crisis internacionales) y dinámicas internas de política económica.

La asimetría positiva (0.74) indica una distribución con una ligera inclinación hacia valores altos del PIB, mientras que la curtosis de 2.66 sugiere una distribución cercana a la normal, con una moderada concentración de los datos en torno a la media.

Por último, la tasa de crecimiento promedio del PIB fue de 2.15%, lo cual refleja un desempeño económico moderado a lo largo del periodo, con fases de expansión y desaceleración, incluyendo episodios de contracción como la crisis financiera global de 2008 y la pandemia de COVID-19 en 2020.

Estos resultados respaldan la inclusión del PIB real en el análisis VAR, en tanto representa un indicador clave de la actividad económica y permite identificar cómo los choques reales impactan la inflación a través del canal de la demanda agregada.

Gráfica 1: Comparación estandarizada: Política Monetaria, Inflación Y TRM 1999 - 2025



Fuente: Elaboración Propia

Observamos en la **Gráfica 1** que la tasa de política monetaria se mueve generalmente en la misma dirección que la inflación, aunque con cierto rezago temporal. En los picos inflacionarios (como 2001, 2008, 2016 y especialmente 2022), la TPM responde con aumentos, lo que evidencia una reacción procíclica respecto a la inflación en el corto plazo, pero con intención contracíclica en el mediano plazo: el Banco de la República eleva tasas para enfriar la demanda agregada y contener la inflación.

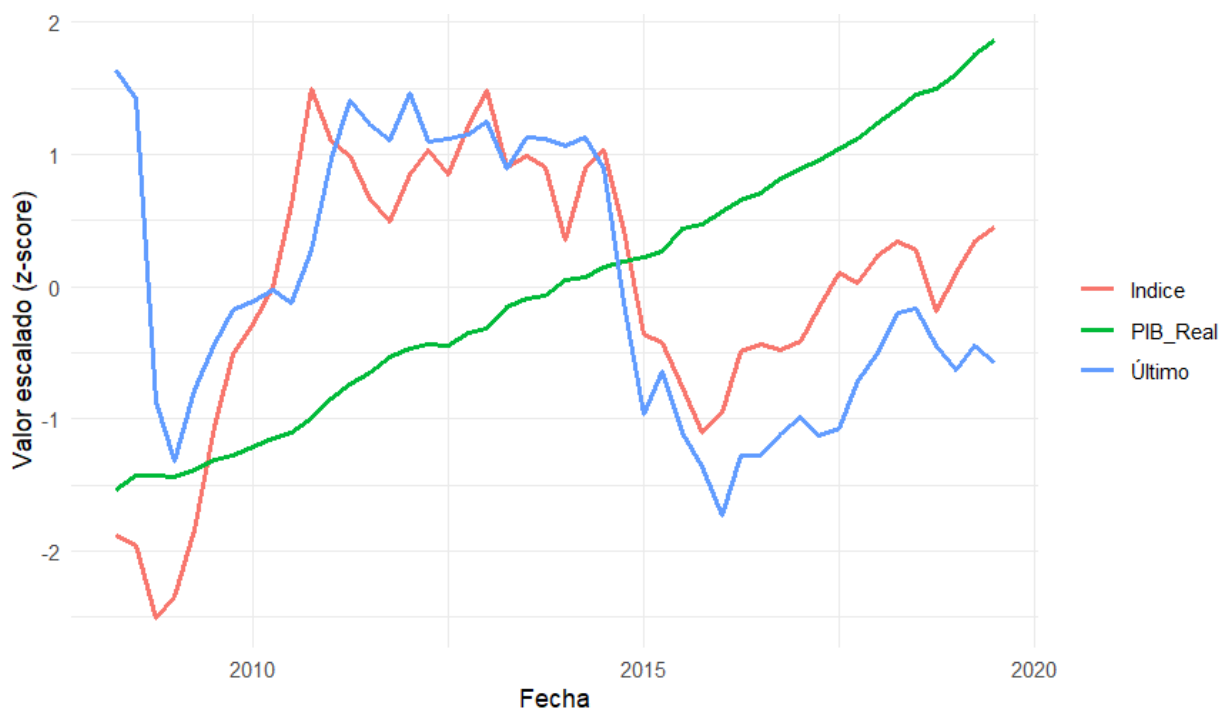
En el choque inflacionario postpandemia (2021–2022), se ve claramente esta dinámica: la inflación sube primero, seguida por un aumento fuerte en la TPM. Una vez la inflación comienza a ceder (2023), la tasa de política también descende, mostrando que la política monetaria actúa como estabilizador contra cíclico, pero con rezago.

La TRM (tipo de cambio) muestra un comportamiento más volátil y con picos notables en periodos de incertidumbre externa o choques de confianza (por ejemplo, 2008, 2015, 2020 y 2022). En general, cuando la TRM se deprecia (aumenta), hay un aumento en la inflación, lo cual sugiere una relación procíclica entre tipo de cambio e inflación, posiblemente por efectos de inflación importada (canal de transmisión cambiario).

Este fenómeno es más notorio entre 2020 y 2022, donde el aumento abrupto del tipo de cambio coincide con un fuerte aumento inflacionario, exacerbado por cuellos de botella globales, precios del petróleo y alimentos. En resumen:

- 2008–2009 (Crisis Financiera Global): Se observa una caída simultánea de TPM e inflación, lo que evidencia una respuesta expansiva del banco central. La TRM sube inicialmente (depreciación), pero se estabiliza después.
- 2015–2016 (Choque de precios del petróleo): Aumenta la inflación y se incrementa la TPM, en línea con un patrón procíclico. La TRM sube notablemente, reforzando el canal de inflación importada.
- 2020–2022 (Pandemia y choques globales): Se evidencia una sincronización clara entre las tres variables. La inflación y la TRM se disparan, y el banco central reacciona elevando fuertemente la TPM, mostrando su papel como instrumento estabilizador, aunque con retardo.

Gráfico 2: Evolución Normalizada: PIB Real, Precio Petróleo y Colcap 2010 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 2, podemos observar que la serie del PIB real, representada por la línea verde, evidencia un crecimiento sostenido en términos reales durante el periodo 2008–2019, aunque con cierta moderación en las tasas de expansión durante episodios de estrés externo, como la crisis financiera global (2008–2009) y la caída abrupta del precio del petróleo (2014–2016). Este patrón sugiere que el PIB real actúa como variable de referencia estructural, reflejando el componente tendencial del ciclo económico colombiano.

El comportamiento del índice COLCAP (línea roja) muestra una clara prociclicidad respecto al PIB. El índice se recupera rápidamente tras la crisis de 2008, manteniéndose en niveles elevados entre 2010 y 2013, periodo que coincide con una fase expansiva del PIB real. No obstante, a partir de 2014 se observa una corrección significativa, coincidente con la disminución del precio internacional del petróleo y el deterioro de los términos de intercambio del país. Esta contracción bursátil se revierte parcialmente entre 2017 y 2019, acompañando la recuperación moderada de la actividad económica.

La prociclicidad del COLCAP responde a su naturaleza como indicador sintético de expectativas del mercado financiero, reflejando no solo el desempeño actual de las empresas listadas, sino también las proyecciones de los agentes sobre las condiciones macroeconómicas y los flujos de inversión.

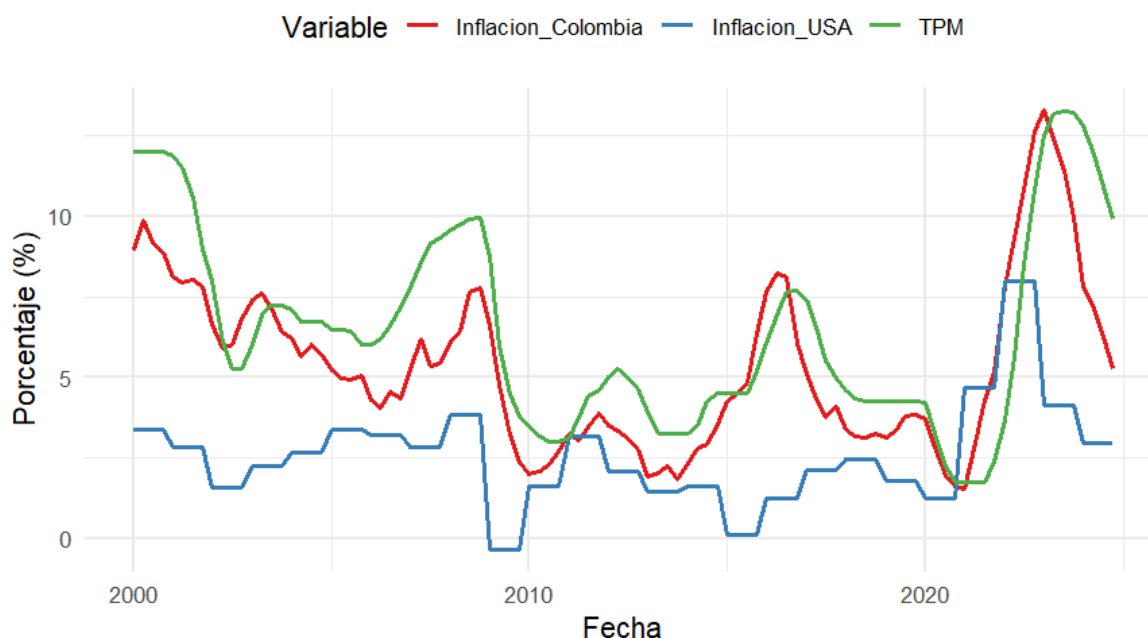
La variable correspondiente al precio del petróleo (línea azul) presenta una dinámica intensamente procíclica, pero con oscilaciones de mayor magnitud que las observadas en el PIB o en el COLCAP. El crudo se recupera fuertemente entre 2009 y 2011, para luego estabilizarse y finalmente registrar una fuerte caída en 2014–2016, evento que tuvo efectos significativos sobre la balanza de pagos, los ingresos fiscales y la inversión en el sector energético colombiano. A partir de 2017 se observa una recuperación parcial del precio del petróleo, en línea con la reactivación de la economía global.

La elevada volatilidad del petróleo en comparación con las demás variables confirma su rol como shock externo dominante, con capacidad de incidir sobre las condiciones internas a través de múltiples canales: fiscales, financieros, comerciales y de confianza.

La relación entre estas tres variables permite extraer conclusiones relevantes para el diseño de política económica y la construcción de modelos estructurales:

- Prociclicidad de activos financieros: tanto el COLCAP como el precio del petróleo muestran una fuerte correlación positiva con el ciclo económico, lo que sugiere que actúan como amplificadores durante las fases expansivas y aceleradores del ajuste durante las recesiones.
- Canales de transmisión: el precio del petróleo, al constituir un factor externo, tiene la capacidad de desencadenar ciclos endógenos en la economía colombiana, afectando el PIB y el índice bursátil mediante variaciones en el ingreso nacional, la inversión y la liquidez.

Gráfico 3: Comparación Inflación Colombia, Inflación EE. UU y Tasa Política Monetaria



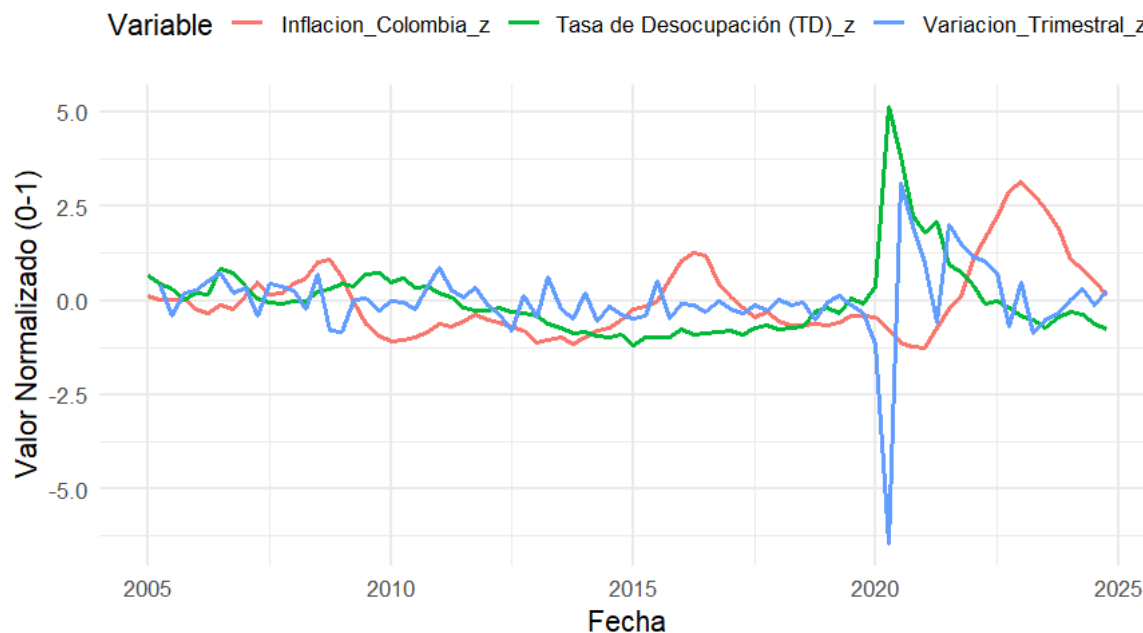
Podemos observar en el **Gráfico 3** Convergencia, estabilidad y choques recientes, la inflación en Colombia ha transitado por tres fases estructurales: 2000–2008: Descenso progresivo de la inflación, en línea con la adopción de un esquema de metas explícitas de inflación. Las tasas descienden de niveles superiores al 8% a valores cercanos al 4%. De 2009–2019 hay estabilidad en torno a la meta del Banco de la República ($3\% \pm 1$ punto porcentual), salvo por episodios de depreciación o choques de oferta (por ejemplo, fenómenos de El Niño o reformas tributarias).

Ahora en 2020–2023 se ve un fuerte repunte inflacionario postpandemia, alcanzando picos por encima del 12%, impulsado por restricciones de oferta, efectos de segunda vuelta y presiones importadas.

La Tasa de Política Monetaria (TPM) muestra una respuesta activa y función de reacción, exhibe un comportamiento claramente contra cíclico con respecto a la inflación: En periodos de desaceleración o estabilidad inflacionaria, como 2009–2013 y 2016–2019, la autoridad monetaria reduce o mantiene estable la tasa de interés. En episodios inflacionarios, como 2007–2008, 2015–2016 y especialmente 2021–2023, el Banco de la República eleva agresivamente la TPM como mecanismo de anclaje de expectativas y control de la inflación. Este patrón evidencia la existencia de una regla tipo Taylor implícita, donde la TPM reacciona positivamente a desviaciones de la inflación respecto a la meta y, posiblemente, a fluctuaciones del producto respecto a su nivel potencial.

El Canal de transmisión externo La inflación estadounidense presenta una trayectoria más contenida durante gran parte del periodo, aunque con un repunte significativo en 2021–2022, alcanzando niveles históricamente altos para esa economía (superiores al 8%). Este evento genera dos efectos relevantes para Colombia: Importación de inflación: Vía encarecimiento de bienes intermedios, alimentos y combustibles, exacerbado por la depreciación del tipo de cambio. Las acciones contractivas de la Reserva Federal (Fed) presionan al alza las tasas de interés internacionales, lo que obliga a bancos centrales emergentes —incluido el Banco de la República— a responder para evitar salidas de capitales y presiones cambiarias. Este hallazgo refuerza la necesidad de incluir a la inflación externa como un shock exógeno global en modelos estructurales para economías abiertas como la colombiana.

Gráfico 4: Comportamiento Normalizado: Inflación, Desempleo y PIB Real en Colombia



Fuente: Elaboración Propia

El Gráfico 4 ilustra el comportamiento normalizado (z-score) de tres variables macroeconómicas clave de Colombia entre 2005 y 2025: la inflación, la tasa de desempleo y la variación trimestral del PIB real. Esta representación permite observar las dinámicas relativas de cada serie en torno a su media, facilitando comparaciones temporales entre ellas y la identificación de choques estructurales o cíclicos relevantes.

Durante el período 2005–2019, se observa una relativa estabilidad en las tres variables. La inflación (línea roja) y el desempleo (línea verde) presentan fluctuaciones acotadas, sin desviaciones extremas respecto a sus medias históricas. La variación del PIB (línea azul), aunque más volátil en algunos trimestres, mantiene una oscilación centrada en torno a cero, lo cual es consistente con la dinámica de crecimiento moderado observada en la economía colombiana durante este periodo.

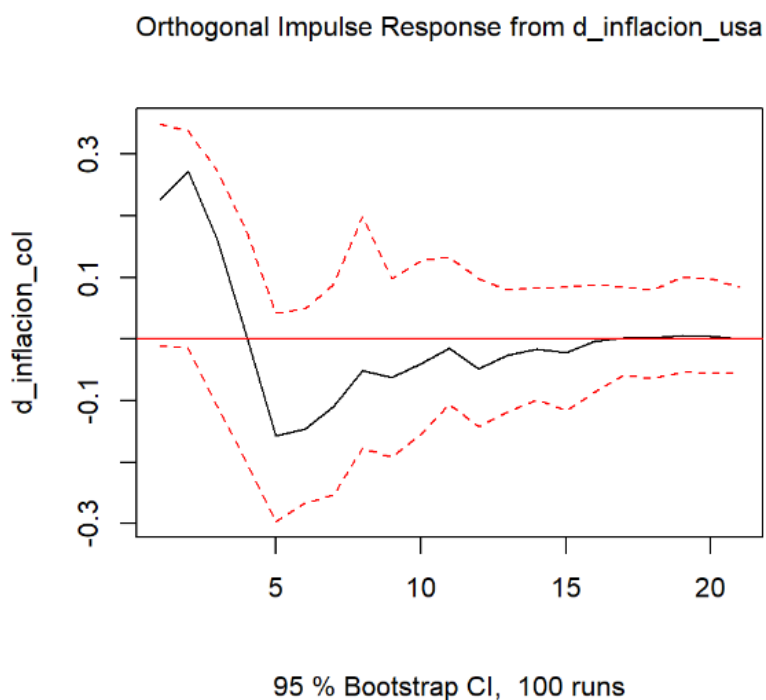
Sin embargo, a partir de 2020 se evidencia un quiebre estructural significativo, en línea con el inicio de la pandemia de COVID-19. El PIB sufre una caída abrupta y sin precedentes (z-score cercano a -6), seguida de una rápida recuperación técnica, pero no necesariamente sostenible. Esta contracción representa uno de los mayores choques de oferta y demanda simultáneos en la historia reciente del país.

La tasa de desempleo, en reacción a la crisis, muestra un aumento también inusitado, alcanzando valores por encima de 5 desviaciones estándar de su promedio. Esta magnitud confirma el severo deterioro del mercado laboral, exacerbado por restricciones sanitarias y

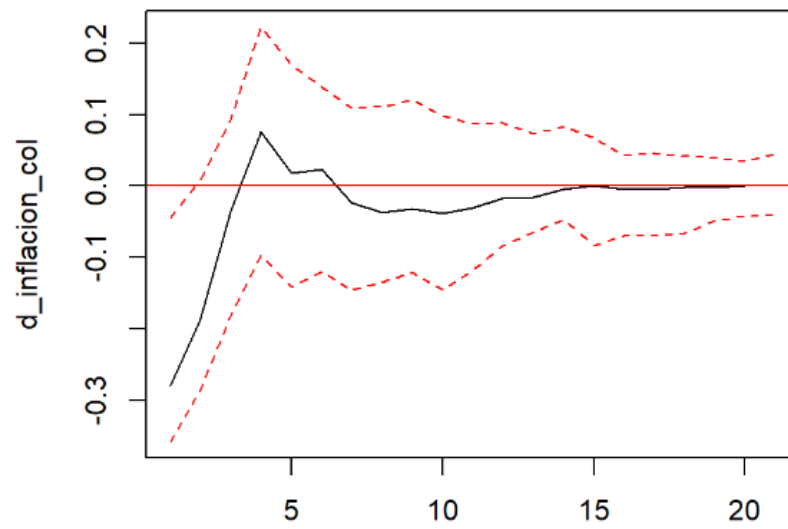
cierre de actividades productivas. La inflación, en contraste, no muestra un aumento inmediato, lo cual es coherente con la caída de la demanda agregada en el corto plazo, aunque hacia 2022 comienza a reflejar presiones inflacionarias posiblemente asociadas a cuellos de botella, shocks externos (como el precio del petróleo o alimentos), y una política monetaria inicialmente expansiva.

Posterior a 2021, las tres variables tienden a regresar gradualmente a su comportamiento típico, aunque la inflación se mantiene persistentemente por encima de su promedio histórico, alcanzando picos entre 2022 y 2023. Esto sugiere que los efectos inflacionarios de segunda ronda —como indexación salarial, aumento de costos de producción y expectativas de inflación elevadas— jugaron un papel importante en el periodo postpandemia. La tasa de desempleo muestra una trayectoria descendente, aunque aún por encima de los niveles pre-COVID, reflejando una recuperación del empleo que no ha sido plenamente inclusiva ni uniforme en todos los sectores.

Gráfico 5: Funciones Impulso Respuesta de variables del sistema hacia la Inflación en Colombia

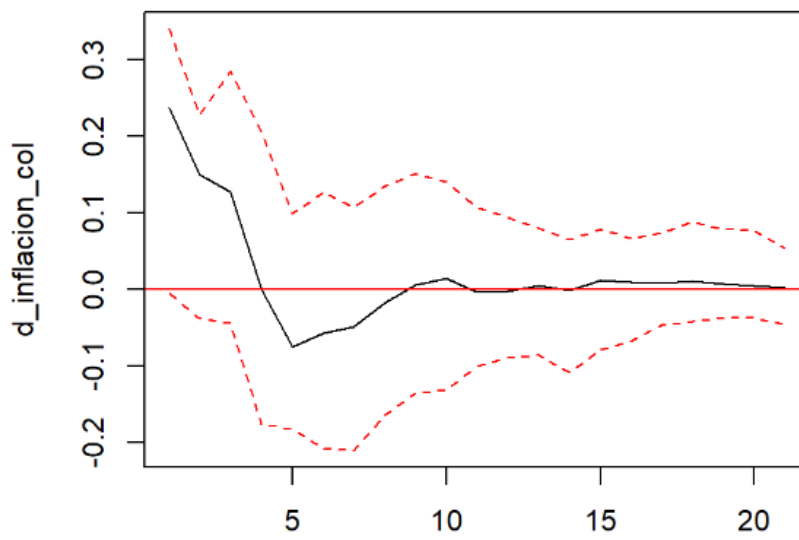


Orthogonal Impulse Response from dlog_petroleo



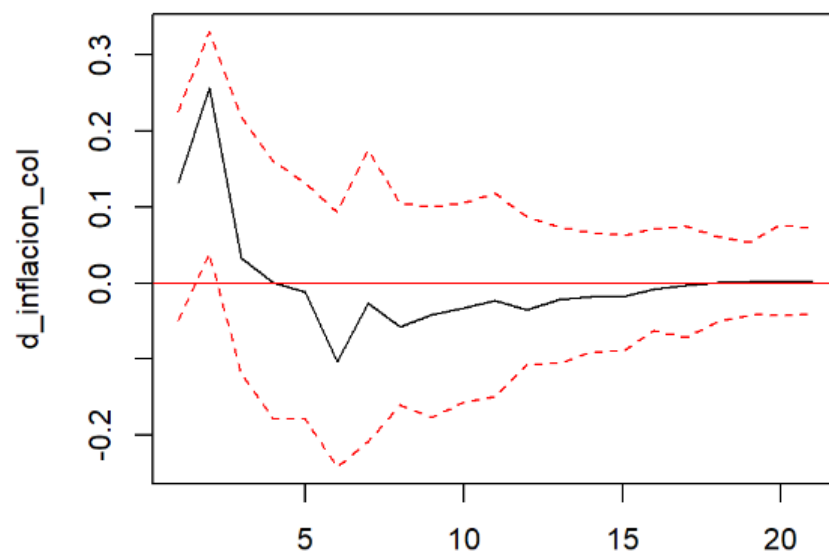
95 % Bootstrap CI, 100 runs

Orthogonal Impulse Response from d_TPM



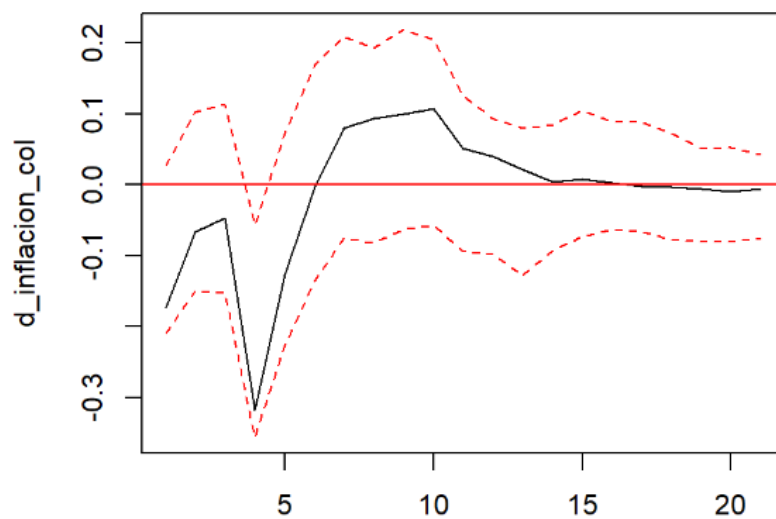
95 % Bootstrap CI, 100 runs

Orthogonal Impulse Response from dlog_PIB_real

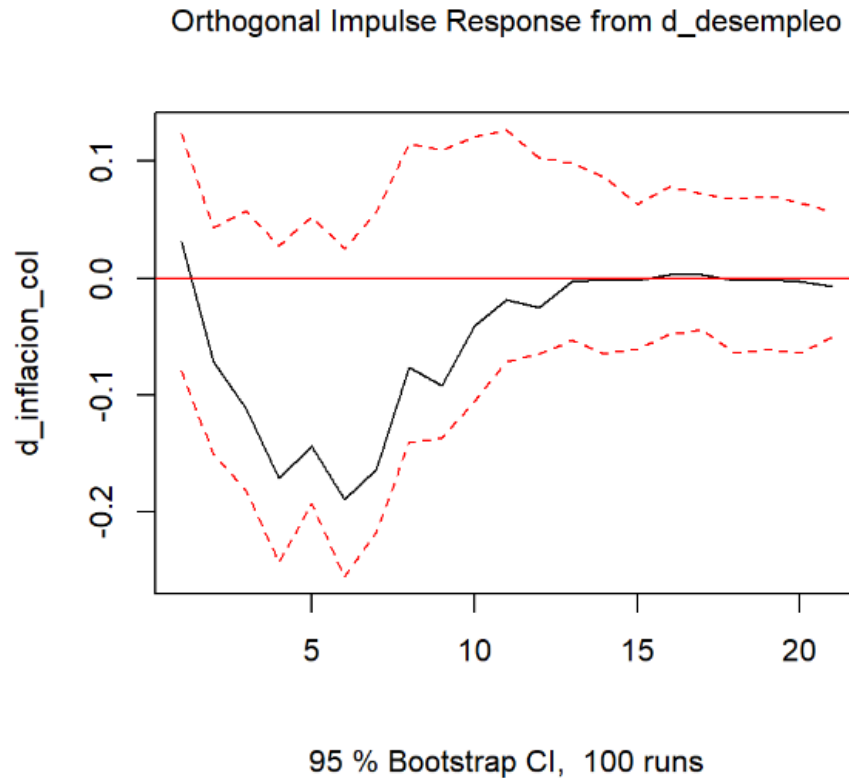


95 % Bootstrap CI, 100 runs

Orthogonal Impulse Response from dlog_colcap



95 % Bootstrap CI, 100 runs



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación Gráfico 5:

Choque en la Inflación de USA respuesta Inflación Colombiana:

Este resultado es consistente con la transmisión internacional de inflación vía precios de importación, costos de producción y expectativas. Dado que Colombia mantiene un fuerte vínculo comercial con EE.UU. y muchos bienes intermedios o finales son importados, un aumento sostenido en la inflación estadounidense puede traducirse rápidamente en presiones inflacionarias internas. Esto puede ocurrir vía:

- Aumento de precios de bienes importados (efecto de pass-through cambiario parcial).
- Ajuste de expectativas inflacionarias locales ante señales de inflación global.
- Movimientos correlacionados en los tipos de interés internacionales (por ejemplo, vía política monetaria de la Fed).

Choque en el Precio del Petróleo respuesta Inflación Colombiana:

Un aumento inesperado en el precio internacional del petróleo produce un impacto positivo inmediato y estadísticamente significativo sobre la inflación colombiana. Este resultado refleja la operancia del canal de costos de producción: Colombia, aunque es exportador neto

de crudo, presenta una matriz energética y logística que sigue expuesta al precio del petróleo, especialmente en sectores como transporte, insumos agrícolas, y distribución de mercancías. Por tanto, un aumento en el precio del petróleo incrementa los costos empresariales y termina trasladándose parcialmente a precios al consumidor. Además, este canal puede operar de forma indirecta a través del tipo de cambio, dado que la mayor entrada de divisas puede generar apreciación del peso, aunque este efecto positivo puede verse contrarrestado por una transmisión más inmediata desde los costos de insumos energéticos. En resumen, el precio del petróleo influye en la inflación principalmente por el canal de oferta (costos) y expectativas de precios de productos regulados.

Choque en la Tasa de Política Monetaria en la Inflación Colombiana:

Un aumento en la tasa de política monetaria genera una respuesta contractiva de la inflación, observable desde el tercer periodo, con significancia estadística. Este resultado valida el canal tradicional de transmisión monetaria, donde un mayor costo del crédito reduce el consumo de hogares y la inversión de las empresas, lo cual reduce la demanda agregada y, con ello, las presiones inflacionarias. Este mecanismo es central para la política monetaria del Banco de la República, y su efectividad depende del grado de pass-through hacia tasas de mercado, la sensibilidad de los agentes al costo del crédito, y las expectativas inflacionarias. La dinámica observada es coherente con un retraso típico en la transmisión de política monetaria, lo que reafirma la necesidad de tomar decisiones anticipadas para controlar presiones inflacionarias futuras.

Choque en el PIB Real hacia la Inflación Colombiana:

El impulso positivo en el crecimiento económico genera un aumento inicial significativo en la inflación colombiana, seguido de una corrección moderada. Este comportamiento está en línea con el canal de demanda agregada: un mayor crecimiento del PIB implica un aumento en el ingreso, el empleo y el gasto agregado, lo que puede ejercer presión sobre la capacidad instalada y los precios, especialmente en sectores no transables. Este canal también puede estar relacionado con ajustes en expectativas empresariales, donde una mayor demanda esperada incentiva a las firmas a aumentar precios. No obstante, el efecto es de corta duración, lo que sugiere que la economía tiende a absorber estos shocks de demanda rápidamente. Este resultado implica que la inflación en Colombia responde a ciclos económicos expansivos, pero con elasticidad moderada.

Choque en el Índice COLCAP hacia la Inflación Colombiana:

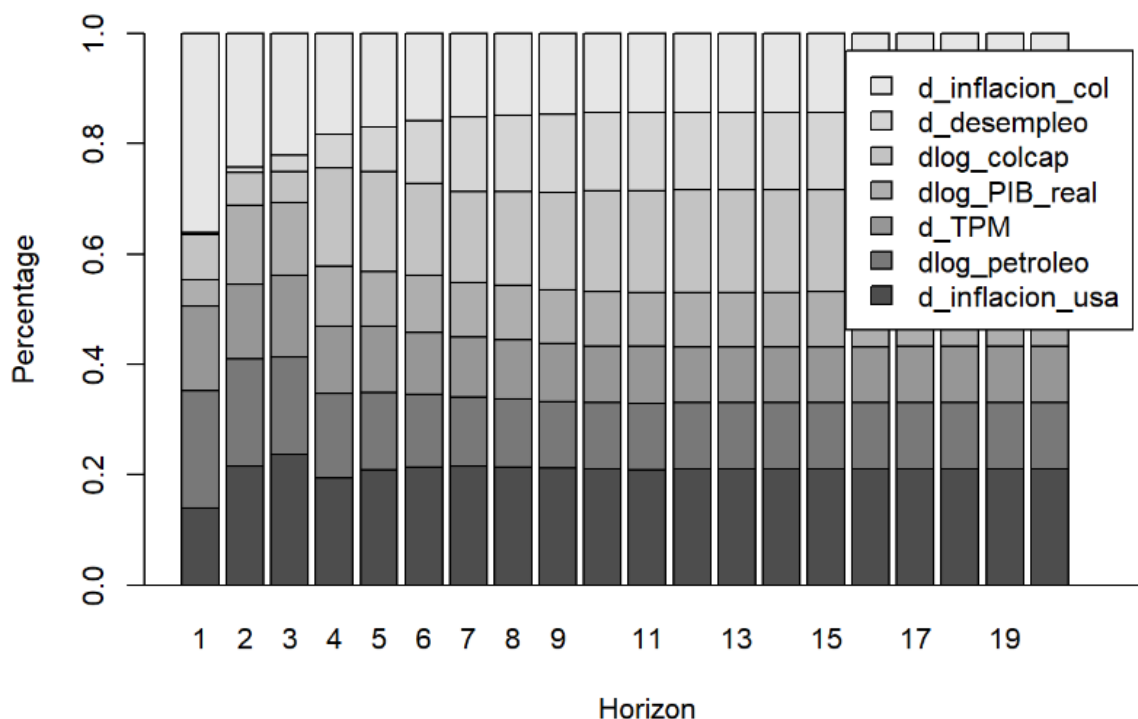
El impacto de un choque positivo en el índice bursátil COLCAP sobre la inflación es mixto: se observa un impacto inicial negativo marginal, seguido de un efecto positivo rezagado.

Aunque estadísticamente tenue, este comportamiento podría reflejar el canal de riqueza financiera y el canal de expectativas. Un aumento en el COLCAP puede interpretarse como una mejora en la percepción del riesgo país, mayor confianza empresarial y previsión de mejores condiciones económicas, lo cual estimula el consumo y la inversión. Esta expansión de la demanda puede generar presiones inflacionarias si no está acompañada de un aumento en la oferta. También podría estar capturando expectativas sobre flujos de capital que impactan el tipo de cambio. En suma, el COLCAP transmite efectos inflacionarios de forma indirecta y rezagada, con baja intensidad, pero con sentido económico plausible.

Choque en la Tasa de Desempleo hacia la Inflación Colombiana:

Un descenso en la tasa de desempleo genera una respuesta negativa en la inflación en el corto plazo, seguida de una recuperación hacia la línea base. Este resultado es contrario a la Curva de Phillips tradicional, que postula una relación negativa entre desempleo e inflación. Sin embargo, en contextos donde existen rigideces estructurales (e.g., informalidad, baja productividad laboral o empleo precario), una disminución del desempleo no necesariamente implica mayor presión sobre los precios, e incluso puede reflejar un deterioro de la calidad del empleo o una caída del salario real. Además, si la caída del desempleo es provocada por contracción en la población económicamente activa (desaliento), podría estar asociada a menor presión inflacionaria. Esta función impulso sugiere que, en Colombia, el desempleo puede estar más vinculado a condiciones estructurales que a presiones cíclicas sobre la inflación, al menos en el horizonte de corto plazo.

Gráfico 6: Descomposición de la Varianza de la Inflación de Colombia



Fuente: Elaboración Propia

La inflación en Colombia tiene un componente transitorio importante explicado por su propia dinámica y shocks externos inmediatos como el petróleo, pero en el mediano y largo plazo, su varianza está cada vez más explicada por factores estructurales y persistentes como: La inflación internacional, que refleja su exposición a precios globales.

Los ciclos reales (PIB y desempleo), que explican cómo presiones de demanda y mercado laboral condicionan los precios internos. Y en menor medida, el componente financiero (COLCAP), que probablemente actúa vía expectativas y riqueza.

Esto respalda una visión de la inflación como fenómeno multicausal, donde tanto la política monetaria como los factores estructurales y externos deben considerarse de manera integral en el diseño de estrategias antiinflacionarias.

Examinando de forma detallada los horizontes temporales tenemos:

En el muy corto plazo (horizontes 1–2): La mayor parte de la varianza de “d_inflacion_col” es explicada por su propia innovación ($\approx 36\%$ en el periodo 1). Variables externas como el precio del petróleo ($\approx 21\%$) y la inflación de EE.UU. ($\approx 14\%$) tienen ya una contribución considerable desde el primer periodo, la TPM tiene un rol relevante ($\approx 15\%$), lo cual indica una respuesta relativamente ágil a choques monetarios.

El PIB real, el COLCAP y el desempleo tienen impactos menores inicialmente ($<10\%$). Esto sugiere que en el corto plazo, la inflación está dominada por dinámicas internas de inercia inflacionaria, choques de oferta externa (energía) y política monetaria reactiva.

En el medio plazo (horizontes 3–7): La importancia de la inflación propia disminuye rápidamente hasta estabilizarse cerca de 14% hacia el horizonte 10. Por otra parte, el precio del petróleo y la inflación de EE.UU. aumentan su participación conjunta, explicando juntos alrededor del 40% de la varianza, la TPM estabiliza su contribución en torno al 12% . La tasa de desempleo y el PIB real ganan relevancia progresiva, indicando que los ciclos reales y del mercado laboral empiezan a ejercer influencia.

En esta fase, la inflación colombiana comienza a reflejar de forma más completa los impactos combinados de shocks externos, medidas de política monetaria y condiciones reales de la economía.

En el largo plazo (horizontes 10–20): La contribución de la inflación propia se estabiliza alrededor del 14.3% , indicando que el componente puramente autorregresivo es limitado en el largo plazo. Los choques que mantienen un peso relevante y estable en la varianza son: Inflación de EE.UU.: $\sim 21\%$, el precio del petróleo: $\sim 12\%$, TPM: $\sim 10\%$, PIB real: $\sim 10\%$, COLCAP y desempleo: $\sim 14\%$ cada uno (similar y creciente en el largo plazo).

Esto evidencia que la inflación colombiana es estructuralmente sensible a shocks externos (precios y condiciones internacionales), pero que los factores reales internos como el ciclo económico y el mercado laboral adquieren más peso conforme avanza el tiempo.

Conclusiones y Sugerencias de Política Monetaria:

La inflación colombiana es el resultado de una compleja interacción entre choques externos, factores estructurales y decisiones de política monetaria. En este contexto, el diseño de estrategias antiinflacionarias debe superar la visión estrictamente monetarista y adoptar un enfoque integral, donde se articule la política monetaria con medidas estructurales, fiscales y sectoriales. Una gestión eficiente de la inflación requiere capacidades institucionales sólidas, coordinación de políticas y adaptación a los cambios del entorno internacional. Desde la perspectiva de política monetaria:

- **Política monetaria preventiva y con visión prospectiva**, dado el rezago en el efecto de la tasa de interés, las decisiones del Banco de la República deben anticipar las presiones inflacionarias futuras, integrando expectativas internacionales (como la inflación global y los precios de commodities) en su análisis prospectivo.
- **Fortalecer la transmisión monetaria**: Para aumentar la efectividad de la política monetaria, es necesario mejorar el pass-through hacia las tasas de interés de mercado y reducir rigideces del sistema financiero que debilitan la reacción del crédito y el consumo ante cambios en la TPM.
- **Coordinación con política fiscal y energética**: Los choques de oferta, especialmente los relacionados con el petróleo, demandan coordinación interinstitucional para reducir la exposición energética (e.g., diversificación energética, subsidios más eficientes, modernización del transporte).
- **Monitoreo constante de condiciones globales**: La sensibilidad estructural de la inflación a la inflación estadounidense exige incorporar indicadores de inflación global y precios de importación en los modelos de pronóstico e intervención del Banco de la República.
- **Reformas estructurales del mercado laboral**: La limitada relación entre desempleo e inflación sugiere la necesidad de reformas que mejoren la calidad del empleo, la productividad y la formalización, lo cual fortalecería el canal de la Curva de Phillips.
- **Instrumentos macro prudenciales y expectativas financieras**: Aunque el COLCAP tiene bajo impacto directo, sus efectos sobre expectativas justifican incluir análisis de estabilidad financiera y comportamiento bursátil como complemento de la política monetaria.

Bibliografía

- Toro et al. (2016). El choque petrolero y sus implicaciones en la economía Colombiana. Reportes del Emisor, Banco de la República.
- Huertas I. (2002). Crecimiento y ciclos económicos. Efectos de los choques de oferta y demanda en el crecimiento Colombiano. Archivos de Economía, Banco de la República.
- Lavanda G. & Rodríguez G. (2011). Descomposición histórica de la inflación en Perú. Distinguiendo entre choques de demanda y de oferta. Revista Economía.
- Blanchard O. & Quah D. (1989). The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances. The American Economic Review.
- Barsky R. & Kilian L. (2004) Oil and the Macroeconomy since 1970's. Journal of Economic Perspectives.
- Baumeister C. & Hamilton J. (2020) Structural Interpretation of Vector Autoregressions with incomplete identification: Revisiting the role of oil and demand shocks. NBER working paper series.
- Shapiro A. (2022). Decomposing supply and demand driven inflation. Federal Reserve Bank of San Francisco, Working Paper Series.
- Sheremirov V. (2022). Are the Demand and Supply channels of inflation persistent? Evidence from a novel decomposition of PCE inflation. Federal Reserve Bank of Boston.
- Gonzáles S. & Hernández E. (2016). Impactos indirectos de los precios del petróleo en el crecimiento colombiano. Lecturas de Economía, Banco de la República.
- Casas D. (2023). Impacto de los choques de oferta sobre la dinámica de la economía colombiana. Repositorio Universidad Nacional de Colombia.

- Jiménez J. (2009). Descomposición sectorial y dinámica del impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico de Colombia. Archivos de Economía, Banco de la República.
- Fadua C. & Gonzáles J. (2020). Política monetaria y choques: El fin del super ciclo de commodities en América Latina. Revista de Economía de Centroamérica y República Dominicana.
- Raza H. et al (2023). Inflation and the role of macroeconomic policies: A model for the case of Denmark. Structural Change and Economic Dynamics Journal.
- Misas M. & Vásquez D. (2002). Expectativas de inflación en Colombia. Un ejercicio econométrico. Repositorio del Banco de la República.
- Misas M, Enciso L & Borrero P. (2022). La inflación en Colombia: Una aproximación desde las redes neuronales. Ensayos sobre política económica, Banco de la República.
- Echevarría J.J. & Misas M. (2011). La persistencia estadística de la inflación en Colombia. Ensayos sobre política económica, Banco de la República
- Sims C. (1980). Macroeconomics and reality. Econometrica, Vol. 48, No. 1, pp. 1-48.
- Montenegro A. (2011). Análisis de series de tiempo. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Fondo Monetario Internacional (2014) . Colombia: Selected Issues Paper”. IMF Country Report No. 14 - 167, Fondo Monetario Internacional.
- Hamilton J. (2014). Oil prices as an indicator of global economic conditions.
- Schornpfeil P., et al (2024). Household Response to the Wealth effects of inflation.

Anexo A: Pruebas de raíz Unitaria para las series temporales

Diferencia del logaritmo PIB real, Prueba Dickey Fuller Aumentado.

```
#####  
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #  
#####  
  
Test regression drift  
  
Call:  
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + z.diff.lag)  
  
Residuals:  
      Min       1Q   Median       3Q      Max   
-0.0214671 -0.0075784  0.0000304  0.0050662  0.0302079  
  
Coefficients:  
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)      
(Intercept)   0.018394   0.004225   4.354 8.71e-05 ***  
z.lag.1       -1.029184   0.211038  -4.877 1.67e-05 ***  
z.diff.lag     0.023274   0.148100   0.157  0.876      
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.0113 on 41 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.5312,    Adjusted R-squared:  0.5084  
F-statistic: 23.23 on 2 and 41 DF,  p-value: 1.798e-07
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia del logaritmo PIB real, Prueba Phillips Perron.

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
  
data: diff(log_PIB_real)  
Dickey-Fuller Z(alpha) = -46.412, Truncation lag parameter = 3, p-value =  
0.01  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia del Logaritmo TRM, Prueba Dickey Fuller Aumentada:

```
#####  
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #  
#####  
  
Test regression drift  
  
Call:  
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + z.diff.lag)  
  
Residuals:  
      Min       1Q   Median       3Q      Max   
-0.103410 -0.023569 -0.005054  0.024514  0.170021  
  
Coefficients:  
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)      
(Intercept)  0.010637   0.008962   1.187   0.242      
z.lag.1      -0.874253   0.183417  -4.766 2.37e-05 ***  
z.diff.lag    0.192195   0.146111   1.315   0.196      
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.05742 on 41 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.3942,    Adjusted R-squared:  0.3647   
F-statistic: 13.34 on 2 and 41 DF,  p-value: 3.444e-05
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia del Logaritmo TRM, Phillips Perron:

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
  
data: diff(log_TRM)  
Dickey-Fuller Z(alpha) = -35.412, Truncation lag parameter = 3, p-value =  
0.01  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia del Logaritmo Precio del Petróleo, prueba Dickey Fuller Aumentada:

```
#####  
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #  
#####  
  
Test regression drift  
  
Call:  
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + z.diff.lag)  
  
Residuals:  
      Min       1Q   Median       3Q      Max   
-0.61770 -0.05311  0.02351  0.09302  0.32457  
  
Coefficients:  
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)      
(Intercept) -0.01260    0.02484  -0.507   0.6149      
z.lag.1      -1.02645    0.18719  -5.483 2.34e-06 ***  
z.diff.lag    0.28583    0.14576   1.961  0.0567 .      
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.1642 on 41 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.4502,    Adjusted R-squared:  0.4233  
F-statistic: 16.78 on 2 and 41 DF,  p-value: 4.729e-06
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia del Logaritmo Precio del Petróleo, prueba Phillips Perron:

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
  
data: diff(log_petroleo)  
Dickey-Fuller Z(alpha) = -35.335, Truncation lag parameter = 3, p-value =  
0.01  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia del Logaritmo del Índice COLCAP, prueba Dickey Fuller Aumentada:

```
#####  
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #  
#####  
  
Test regression trend  
  
Call:  
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)  
  
Residuals:  
      Min       1Q   Median       3Q      Max   
-0.16508 -0.04488  0.01194  0.04628  0.11137  
  
Coefficients:  
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept)  0.0326719  0.0223303   1.463   0.151  
z.lag.1      -0.8559816  0.1788854  -4.785 2.34e-05 ***  
tt           -0.0009685  0.0008234  -1.176   0.246  
z.diff.lag    0.2513577  0.1522506   1.651   0.107  
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.06733 on 40 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.3851,    Adjusted R-squared:  0.339  
F-statistic:  8.35 on 3 and 40 DF,  p-value: 0.0001975
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia del Logaritmo del Índice COLCAP, prueba Phillips Perron:

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
  
data: diff(log_colcap)  
Dickey-Fuller Z(alpha) = -29.227, Truncation lag parameter = 3, p-value =  
0.01  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia de la Tasa de Política Monetaria, prueba de Dickey Fuller Aumentada:

```
#####  
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #  
#####  
  
Test regression trend  
  
Call:  
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)  
  
Residuals:  
      Min       1Q   Median       3Q      Max   
-1.37829 -0.17794 -0.02976  0.17542  0.96681  
  
Coefficients:  
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept) -0.190589    0.140158  -1.360  0.181506  
z.lag.1      -0.408368    0.106121  -3.848  0.000419 ***  
tt           0.005830    0.005155   1.131  0.264821  
z.diff.lag   0.427486    0.141278   3.026  0.004321 **  
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.4212 on 40 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.3092,    Adjusted R-squared:  0.2574  
F-statistic: 5.967 on 3 and 40 DF,  p-value: 0.001841
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia de la Tasa de Política Monetaria, prueba de Phillips Perron:

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
  
data: diff(df_union$TPM)  
Dickey-Fuller Z(alpha) = -15.596, Truncation lag parameter = 3, p-value =  
0.1599  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia de la Tasa de Desempleo, prueba Dickey Fuller Aumentada:

```
#####  
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #  
#####  
  
Test regression drift  
  
Call:  
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + z.diff.lag)  
  
Residuals:  
      Min       1Q   Median       3Q      Max   
-0.59006 -0.22249  0.00608  0.18293  0.71019  
  
Coefficients:  
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)      
(Intercept) -0.006929   0.046117  -0.150  0.881312      
z.lag.1      -0.876223   0.234012  -3.744  0.000556 ***  
z.diff.lag   -0.234627   0.162070  -1.448  0.155309      
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.3054 on 41 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.557,    Adjusted R-squared:  0.5354  
F-statistic: 25.78 on 2 and 41 DF,  p-value: 5.637e-08
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia de la Tasa de Desempleo, prueba Phillips Perron:

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
  
data: diff(df_union$`Tasa de Desocupación (TD)`)  
Dickey-Fuller Z(alpha) = -59.265, Truncation lag parameter = 3, p-value =  
0.01  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia de la tasa de inflación en Colombia, prueba Dickey Fuller Aumentada:

```
#####  
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #  
#####  
  
Test regression drift  
  
Call:  
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + z.diff.lag)  
  
Residuals:  
      Min       1Q   Median       3Q      Max   
-1.80335 -0.28055  0.03099  0.36691  1.34977  
  
Coefficients:  
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)      
(Intercept) -0.05194     0.08927  -0.582  0.563869      
z.lag.1      -0.49838     0.13400  -3.719  0.000599 ***  
z.diff.lag    0.18500     0.14814   1.249  0.218816      
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 0.5889 on 41 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.2554,    Adjusted R-squared:  0.219  
F-statistic:  7.03 on 2 and 41 DF,  p-value: 0.002371
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia de la tasa de inflación en Colombia, prueba Phillips Perron:

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
  
data: diff(df_union$Inflacion_Colombia)  
Dickey-Fuller Z(alpha) = -19.547, Truncation lag parameter = 3, p-value =  
0.04872  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia tasa de inflación trimestral de EE.UU., prueba Dickey Fuller Aumentada:

```
#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression drift

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + z.diff.lag)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.1483  0.0440  0.0464  0.0499  2.0419

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -0.046352   0.129729  -0.357   0.723
z.lag.1       -1.006208   0.221203  -4.549 4.72e-05 ***
z.diff.lag     0.003104   0.156173   0.020  0.984
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8579 on 41 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5016,    Adjusted R-squared:  0.4772
F-statistic: 20.63 on 2 and 41 DF,  p-value: 6.327e-07
```

Fuente: Elaboración Propia

Diferencia tasa de inflación trimestral de EE.UU., prueba Phillips Perron:

```
Phillips-Perron Unit Root Test

data: diff(df_union$Inflacion_USA)
Dickey-Fuller Z(alpha) = -45.264, Truncation lag parameter = 3, p-value =
0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración Propia

Anexos B: Modelo VAR(3) y pruebas de validación

```
## Estimation results for equation d_inflacion_col:
## =====
## d_inflacion_col = d_inflacion_usa.l1 + dlog_petroleo.l1 + d_TPM.l1 + dlog_PIB_real.l1 + dlog_colcap.l1 + d_dese
mpleo.l1 + d_inflacion_col.l1 + d_inflacion_usa.l2 + dlog_petroleo.l2 + d_TPM.l2 + dlog_PIB_real.l2 + dlog_colcap.
l2 + d_desempleo.l2 + d_inflacion_col.l2 + d_inflacion_usa.l3 + dlog_petroleo.l3 + d_TPM.l3 + dlog_PIB_real.l3 + d
log_colcap.l3 + d_desempleo.l3 + d_inflacion_col.l3 + const
```

```
##
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## d_inflacion_usa.l1  0.12645    0.21384   0.591   0.5606
## dlog_petroleo.l1   -0.77838    0.94229  -0.826   0.4181
## d_TPM.l1           0.54477    0.52165   1.044   0.3082
## dlog_PIB_real.l1   17.55455   12.53459   1.400   0.1760
## dlog_colcap.l1     -0.23547    2.31131  -0.102   0.9198
## d_desempleo.l1     -0.32499    0.39877  -0.815   0.4242
## d_inflacion_col.l1  0.25788    0.31332   0.823   0.4197
## d_inflacion_usa.l2  0.11276    0.19533   0.577   0.5699
## dlog_petroleo.l2   -1.07402    1.28641  -0.835   0.4132
## d_TPM.l2           -0.03339    0.50089  -0.067   0.9475
## dlog_PIB_real.l2  -11.19521   11.91002  -0.940   0.3579
## dlog_colcap.l2     -0.73766    2.22301  -0.332   0.7433
## d_desempleo.l2     -0.35959    0.38157  -0.942   0.3567
## d_inflacion_col.l2 -0.21644    0.24778  -0.874   0.3923
## d_inflacion_usa.l3 -0.03134    0.17296  -0.181   0.8580
## dlog_petroleo.l3    1.01738    1.24963   0.814   0.4247
## d_TPM.l3           -0.52433    0.31273  -1.677   0.1084
## dlog_PIB_real.l3  -16.64048   11.79674  -1.411   0.1730
## dlog_colcap.l3     -4.77214    2.06608  -2.310   0.0312 *
## d_desempleo.l3     -0.43767    0.37444  -1.169   0.2556
## d_inflacion_col.l3 -0.01686    0.29545  -0.057   0.9550
## const              0.14358    0.41659   0.345   0.7338
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
##
## Residual standard error: 0.6046 on 21 degrees of freedom
## Multiple R-Squared: 0.6631, Adjusted R-squared: 0.3261
## F-statistic: 1.968 on 21 and 21 DF, p-value: 0.06443
```

Covariance matrix of residuals:

```
              d_inflacion_usa dlog_petroleo      d_TPM dlog_PIB_real
d_inflacion_usa    0.4546385    0.0304932 0.1033528    0.0031006
dlog_petroleo      0.0304932    0.0128458 0.0036020    0.0000804
d_TPM              0.1033528    0.0036020 0.0932422    0.0002707
dlog_PIB_real      0.0031006    0.0000804 0.0002707    0.0001462
dlog_colcap        -0.0009984    0.0017634 0.0015977   -0.0001769
d_desempleo        0.0003463   -0.0027179 0.0167095   -0.0009812
d_inflacion_col    0.1524202   -0.0187061 0.1057021    0.0024024
              dlog_colcap d_desempleo d_inflacion_col
d_inflacion_usa -0.0009984  0.0003463    0.152420
dlog_petroleo   0.0017634 -0.0027179   -0.018706
d_TPM           0.0015977  0.0167095    0.105702
dlog_PIB_real   -0.0001769 -0.0009812    0.002402
dlog_colcap     0.0041243  0.0025881   -0.015047
d_desempleo     0.0025881  0.0711455    0.013990
d_inflacion_col -0.0150466  0.0139899    0.365501
```

Correlation matrix of residuals:

	d_inflacion_usa	dlog_petroleo	d_TPM	dlog_PIB_real	dlog_colcap
d_inflacion_usa	1.000000	0.39901	0.50198	0.38028	-0.02306
dlog_petroleo	0.399015	1.00000	0.10408	0.05866	0.24226
d_TPM	0.501976	0.10408	1.00000	0.07332	0.08147
dlog_PIB_real	0.380276	0.05866	0.07332	1.00000	-0.22785
dlog_colcap	-0.023057	0.24226	0.08147	-0.22785	1.00000
d_desempleo	0.001926	-0.08990	0.20516	-0.30421	0.15109
d_inflacion_col	0.373908	-0.27300	0.57258	0.32861	-0.38754

	d_desempleo	d_inflacion_col
d_inflacion_usa	0.001926	0.37391
dlog_petroleo	-0.089903	-0.27300
d_TPM	0.205155	0.57258
dlog_PIB_real	-0.304211	0.32861
dlog_colcap	0.151087	-0.38754
d_desempleo	1.000000	0.08676
d_inflacion_col	0.086755	1.00000

Fuente: Elaboración Propia

Estabilidad del Modelo (Inverso de las Raíces) $|r^{-1}| < 1$:

```
# Estabilidad
roots(var_model)
```

```
## [1] 0.8509376 0.8509376 0.8324838 0.7815379 0.7815379 0.7770440 0.7770440
## [8] 0.7669052 0.7669052 0.7215487 0.7215487 0.7206040 0.7206040 0.6808135
## [15] 0.6808135 0.6589539 0.5667822 0.5667822 0.2544990 0.2325371 0.2325371
```

Fuente: Elaboración Propia

Prueba Autocorrelación de los residuos:

Ho: No Autocorrelación

Ha: Autocorrelación

```
# Autocorrelación de los residuos
serial.test(var_model, lags.pt = 16, type = "PT.asymptotic") #p-valor > 0.05
```

```
##
## Portmanteau Test (asymptotic)
##
## data: Residuals of VAR object var_model
## Chi-squared = 610.8, df = 637, p-value = 0.7659
```

Fuente: Elaboración Propia

Prueba ARCH Heterocedasticidad:

Ho: Homocedasticidad

Ha: Varianza no constante

```
# Heterocedasticidad de los residuos
arch.test(var_model, lags.multi = 5, multivariate.only = TRUE) # p_valor > 0.05
```

```
##
## ARCH (multivariate)
##
## data: Residuals of VAR object var_model
## Chi-squared = 1064, df = 3920, p-value = 1
```

Prueba Normalidad, Jarque Bera:

Ho: Normalidad

Ha: No Normalidad

```
# Normalidad de los residuos
normality.test(var_model) # p_valor > 0.05
```

```
## $JB
##
## JB-Test (multivariate)
##
## data: Residuals of VAR object var_model
## Chi-squared = 22.515, df = 14, p-value = 0.06863
##
##
## $Skewness
##
## Skewness only (multivariate)
##
## data: Residuals of VAR object var_model
## Chi-squared = 10.197, df = 7, p-value = 0.1777
##
##
## $Kurtosis
##
## Kurtosis only (multivariate)
##
## data: Residuals of VAR object var_model
## Chi-squared = 12.318, df = 7, p-value = 0.09057
```