

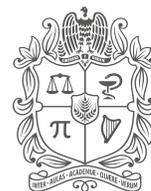
Revista de Estudiantes de Economía / Número 8 / Enero-diciembre 2024

INTERCAMBIO

8

E-ISSN 2619-6131

Facultad de Ciencias Humanas y Económicas
Sede Medellín



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Rector

Leopoldo Múnera Ruiz

Vicerrectora Sede Medellín

Mary Luz Alzate Zuluaga

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y ECONÓMICAS

Decano

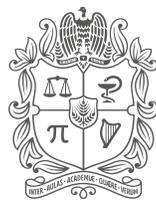
Óscar Iván Calvo Isaza

Director del Centro Editorial FCHE

Yobenj Aucardo Chicangana Bayona

Director Área Curricular de Economía

Alexander Dario Bastidas



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA**



A economia que não se preocupa com a justiça social, é uma economia que condena os povos a isto que está ocorrendo no mundo inteiro: uma brutal concentração de renda e de riqueza, o desemprego e a miséria.

Maria da Conceição Tavares



Número 8

Edición: enero – diciembre de 2024

ISSN en línea 2619-6131

COMITÉ EDITORIAL

Jhuliana Sofía Segura Durán / Directora general

Estudiante de Economía, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá / jhsegurad@unal.edu.co

Johan Sebastian Bermudez Bejarano / Director editorial

Estudiante de Economía, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín / jobermudezb@unal.edu.co

Editores UNAL Bogotá: Ana Sofía Garzón Castellanos, Ana Sofía Ortiz Grajales, Juan David Suarez Aguilera, Jhuliana Sofía Segura Durán, Juan Esteban Ruiz Arboleda, Lina María Álvarez Ardila, Lina Juliana Bulla Casas, María José Cadena Santos, Sara Julieth Albarracín Deantonio.

Editores UNAL Medellín: Andrés Vélez Vélez, Cristian Escobar Aguirre, Daniel Vélez Vélez, Daniela Urrea Ladino, David Mauricio Cadena Cárdenas, Eder Andres Berrio, Eyleen Yanela Miranda Torres, Johan Sebastian Bermudez Bejarano, Jose Mauricio Rodríguez Velásquez, Jose Sebastian Acero Diaz, María Antonia Zapata Barrientos, María Victoria Giraldo Marín, Santiago David Mendoza Lascarro, Yuberley Cruz Caycedo.

Colaboradores: Juan Esteban Toro Suárez, Zarquís Nicolas Hurtado, Ciro Ferneley Gómez Madero, Brandon Calderón Moreno, Katerin Sánchez Andela, Leonel Bermudez Martinez, Cristian Daniel Rubio Romero, Luis Daniel David Barrera, Diana Lucia Cabarcas Mendoza, Liliana Carolina Bernal García, Kevin Felipe Castillo Forero

COMITÉ CIENTÍFICO

Aleida María Bustamante, Beethoven Herrera Valencia, Carlos Adrián Saldarriaga Isaza, Cristian Andrés Sánchez Salazar, Daniel Alberto Libreros Caicedo, Erick Julián Villabón Hinestroza, Guillermo Maya Muñoz, Juan Camilo Galvis Ciro, Juan David Velásquez Henao, Julián Andrés Parra Polanía, Oscar Esteban Morillo Martínez, Paula Katherine Triviño Gaviria, Ramon Javier Mesa, Ricardo Moreno Álvarez, Roberto Alfonso Zapata Villegas, Sergio León Álvarez Fernández.

FUNDADORES DE LA REVISTA

Didier Hermida Giraldo, economista, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

José de Jesús Lobo Camargo, economista, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

José Antonio Cadena Vélez, economista, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN Y ASESORÍA

Oficina de Comunicaciones y Centro Editorial / Facultad de Ciencias Humanas y Económicas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

CONTACTO

Intercambio. Revista de Estudiantes de Economía

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias Humanas y Económicas

Dirección: Núcleo El Volador. Carrera 65 N° 59 A -110. Bloque 46, Piso 3, Oficina 305.

Correo electrónico: intercambio_med@unal.edu.co

Medellín, Colombia, Suramérica

Visítanos en nuestro repositorio de publicaciones Open Journal System (OJS):

<http://revistafche.medellin.unal.edu.co/ojs/index.php/intercambio>

Visítanos en nuestras redes:

Instagram/Twitter/Facebook: @revintercambio

Spotify: Intercambiando Ideas

CONTENIDO

Presentación

6-10

Determinantes de la formación bruta de capital fijo en Colombia: el papel de la incertidumbre

Esteban Álvarez Granda y Mateo Patiño Gómez

11-37

El volumen y crecimiento de la deuda externa: ¿una limitante al desarrollo de economías como la colombiana en la actualidad?

Cristina de los Angeles Moscoso Alvarez

38-55

Condiciones para la implementación de una CBDC en Colombia y su impacto positivo dentro del Sistema Monetario Internacional

Samuel Gómez Gil

56-88

Stock prediction using topic modeling and sentiment analysis techniques: A machine learning case study on Ecopetrol

Edwar Valenzuela Cortés y Santiago Puentes Nuñez

89-124

Nuevos choques de oferta, la misma política monetaria: la necesidad de indicadores microeconómicos de la inflación en América Latina

Camilo Esteban Miranda Robayo

125-147

Presentación

La Revista Intercambio nace como un proyecto que ha buscado visibilizar el trabajo y el esfuerzo que conlleva la construcción y materialización de ideas relacionadas con la economía. Concebido y gestionado por estudiantes, es un espacio valioso para la socialización rigurosa de las inquietudes académicas dentro un contexto que se destaca por sus dinámicas cada vez más mercantiles donde el saber tiende a medirse en función de su rentabilidad inmediata e incluso, su validez es una discusión encaminada a través de sesgos.

De este modo, el año 2024 estuvo lleno de particularidades dentro de los procesos ordinarios de la Revista, sin embargo, las dinámicas que poco a poco se fueron construyendo a través de una llamativa comunicación entre miembros antiguos y nuevos, dejan entrever sus frutos en esta edición. El cambio generacional fue uno de los aspectos que como proyecto estudiantil tuvo gran relevancia a la hora de formular las estrategias para la presente edición, lo que constituyó uno de los motivos por los cuales las ideas relacionadas con la difusión académica y la expansión del proyecto se están llevando a cabo hasta la actualidad.

De este modo y con genuino entusiasmo, presentamos la edición 8 de la Revista Intercambio, Revista de Estudiantes de Economía de la Universidad Nacional de Colombia. Esta edición representa el resultado de un esfuerzo colectivo que reunió a autoras y autores comprometidos, a una comunidad académica activa y crítica, y a un comité editorial que acompañó



con dedicación cada etapa del proceso. Nos enorgullece profundamente la calidad y diversidad de las propuestas recibidas, así como el rigor y el compromiso que implicó convertirlas en las publicaciones aquí mostradas.

Además, quisiéramos destacar otras dimensiones del trabajo que sostiene y proyecta a la Revista Intercambio. A lo largo de este periodo, hemos mantenido una presencia activa en redes sociales, a través de la publicación regular de columnas de opinión, la difusión de eventos y el fortalecimiento de nuestra identidad visual. También resaltamos el desarrollo de nuestro pódcast Intercambiando Ideas, una iniciativa producida desde las sedes Medellín y Bogotá, que ha permitido ampliar los formatos de divulgación y enriquecer el diálogo académico por medio de conversaciones con diversos invitados sobre tópicos relevantes para la vida universitaria y de discusión académica.

Durante este periodo, también tuvimos el privilegio de realizar el evento “Institucionalismo y su incidencia: el poder del marco institucional en la economía” en la sede Bogotá, inspirado en las temáticas propuestas por los galardonados con el Premio Nobel de Economía 2024. Nos llena de orgullo la gestión realizada por el equipo de Intercambio en Bogotá, cuya entrega y compromiso hicieron posible una jornada académica significativa y vibrante. Agradecemos profundamente al panel de invitados que nos acompañó con sus exposiciones, así como a la comunidad que respondió con una acogida entusiasta y masiva, al punto de que los refrigerios previstos no fueron suficientes ante la magnitud de la asistencia y participación.

Por otro lado, este proceso ha estado acompañado por una gestión logística rigurosa orientada a consolidar a Revista Intercambio como un proyecto estudiantil formal, lo cual ha requerido un compromiso sostenido por parte del equipo. En este sentido, expresamos nuestro especial agradecimiento al Centro Editorial y a la Oficina de Comunicaciones de la Facultad de Ciencias Humanas y Económicas (FCHE) y a la Oficina de Bienestar de la Facultad de Ciencias Económicas (FCE) por el apoyo brindado, sin el cual muchos de estos logros no habrían sido posibles.

Fruto de este esfuerzo conjunto, nos complace presentar una edición que reúne una serie de artículos que reflejan el rigor académico, la diversidad de intereses investigativos y el compromiso con el pensamiento crítico de las y los estudiantes. A continuación, compartimos los contenidos de esta octava edición, confiando en que serán de especial interés para el lector.

La octava edición presenta, en primer lugar, el artículo “Determinantes de la formación bruta de capital fijo en Colombia: el papel de la incertidumbre”, el cual evalúa la influencia que ejerce la incertidumbre sobre las decisiones de inversión en formación bruta de capital fijo en el contexto colombiano. A partir del análisis de las dinámicas observadas en 2023, el estudio integra una revisión teórica con un enfoque empírico sustentado en herramientas econométricas, con el propósito de contrastar los planteamientos desarrollados en la literatura previa.

En segundo lugar, se encuentra el artículo “El volumen y crecimiento de la deuda externa: ¿una limitante al desarrollo de economías como la colombiana en la actualidad?”, que evalúa el papel del endeudamiento externo en escenarios caracterizados por déficits fiscales recurrentes. Este ofrece una reflexión crítica en torno a las repercusiones del aumento sostenido de la deuda externa y sus implicaciones sobre las condiciones estructurales del desarrollo económico en países como Colombia.

El lector también hallará un estudio que aborda los elementos esenciales para la implementación de una moneda digital del Banco Central (CBDC) en Colombia y su impacto en el Sistema Monetario Internacional. En este tercer artículo titulado “Condiciones para la implementación de una CBDC en Colombia y su impacto positivo dentro del Sistema Monetario Internacional” se analizan las consideraciones técnicas y regulatorias necesarias para su diseño, así como su capacidad para fortalecer la estabilidad financiera y mejorar la inserción internacional del país.

Posteriormente, esta edición incluye el artículo “Stock prediction using topic modeling and sentiment analysis techniques: A machine learning case study on Ecopetrol”, que introduce una metodología innovadora para predecir movimientos del mercado mediante el análisis de temas y sentimientos en noticias financieras.

Adicionalmente, se resalta la relevancia de las predicciones de corto plazo y la utilidad de estas herramientas en la toma estratégica de decisiones financieras.

Cierra esta edición el artículo “Nuevos choques de oferta, la misma Política Monetaria”, que profundiza en los determinantes estructurales de los procesos inflacionarios recientes en América Latina. A través de la propuesta de indicadores microeconómicos para medir y descomponer estos fenómenos, se ofrece un enfoque alternativo que permitiría a las autoridades monetarias diseñar estrategias de política más sensibles a los matices de cada economía, superando los límites de respuestas homogéneas ante choques monetarios.

Tal como se ha mencionado a través de esta breve presentación, resaltamos y agradecemos el papel de los y las estudiantes de economía dentro del crecimiento, continuación y expansión de este proyecto. Asimismo, el interés y atención mostrada dentro de las etapas de los procesos editoriales, tanto como de los comités internos de la revista, autores y comité científico, nos llena de alegría y de una plena confianza de que los ejercicios de difusión académica en economía tienen un brillante futuro en nuestros espacios académicos y sociales.

Porque en el fondo, más allá del ejercicio editorial y logístico, este proyecto ha sido también una invitación a pensar con libertad, a formular nuevas preguntas y a desafiar lo establecido. En ese espíritu, creemos que esta edición es reflejo del proceso que Celso Furtado describía en 1963 al referirse a los jóvenes economistas:

“En poco tiempo, él aprenderá que los caminos trillados le son de poco valor. Después advertirá que la imaginación es un instrumento de trabajo poderoso y que debe ser cultivada. En poco tiempo perderá la reverencia ante lo que está establecido y compendiado. En la medida en que llegue a pensar por su propia cuenta, con independencia, recobrará la autoconfianza, perderá la perplejidad”.





Revista de Estudiantes de Economía / Número 8 / Enero-diciembre 2024

INTERCAMBIO

Determinantes de la formación bruta de capital fijo en Colombia: el papel de la incertidumbre

*Determinants of gross fixed
capital formation in Colombia:
the role of uncertainty*

.....

*Esteban Álvarez Granda
Mateo Patiño Gómez*

E-ISSN 2619-6131



Determinantes de la formación bruta de capital fijo en Colombia: el papel de la incertidumbre*

Determinants of gross fixed capital formation in Colombia: the role of uncertainty

Esteban Álvarez Granda**

Mateo Patiño Gómez***

Resumen

El principal objetivo de este artículo es determinar si la incertidumbre tiene influencia sobre la inversión en formación bruta de capital fijo en Colombia, ya que en el año 2023 se presentó una marcada contracción de la inversión en paralelo a un entorno de alta incertidumbre. Para ello se realiza una revisión de literatura bajo diferentes enfoques, junto a un modelo mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y un análisis descriptivo de las variables involucradas en el período 2006-2023. Se encuentra que para el caso colombiano existe una relación negativa entre



Intercamb. Rev. Estud.
Economía. N° 8
Enero-diciembre 2024
127 pp.
E-ISSN 2619-6131
pp. 11-37

* **Artículo recibido:** 4 de julio de 2024 | **aceptado:** 27 de enero de 2025 | **modificado:** 27 de febrero de 2025.

Agradecemos a Edel Laura Sánchez Higueta, profesora de la Universidad de Antioquia, quien nos acompañó y motivó durante este proceso. Igualmente, agradecemos a los revisores y editores de la revista por sus comentarios.

** Estudiante de Economía de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Correo electrónico: esalvarez@unal.edu.co

*** Estudiante de Economía de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Correo electrónico: mpatinogo@unal.edu.co

la incertidumbre y la inversión, lo cual coincide con lo que gran parte de la literatura teórica y empírica ha encontrado.

Palabras clave: formación bruta de capital fijo, incertidumbre, costo de uso del capital, Colombia.

Clasificación JEL: E22, D81, C13.

Abstract

The main objective of this article is to determine if uncertainty influences investment in gross fixed capital formation in Colombia, since there was a sharp investment contraction and a significant uncertainty environment in 2023. Therefore, this article develops a literature review from different perspectives, besides a model by Ordinary Least Squares (OLS) and a descriptive analysis of the variables from 2006-2023. It found a negative relationship between uncertainty and investment in Colombia, the equal relationship suggested by most theoretical and empirical literature.

Keywords: gross fixed capital formation, uncertainty, capital use cost, Colombia.

JEL classification: E22, D81, C13.

1. Introducción

El choque ocasionado por la pandemia del Covid-19 generó una contracción en todos los componentes de la demanda agregada y en las obras civiles en el año 2020. En los dos años posteriores se presentó una notable recuperación, en donde la inversión retornó a su nivel prepandemia, cosa que no sucedió con las obras civiles. En el año 2023, mientras variables como el consumo, la exportaciones e importaciones se mantuvieron en niveles superiores a 2019, la inversión y las obras civiles se ubicaron por debajo (Figura 1, Anexo). Además, el Producto Interno Bruto (PIB) tuvo una variación anual de 0.6%, la cual resultó menor a las estimaciones esperadas¹, mientras que en los años 2021 y 2022 dichas variaciones fueron de 10.7% y 7.3%, respectivamente.

1. Fedesarrollo (1%), Banco de la República (1%), Banco Mundial (1.2%) y el Fondo Monetario Internacional (1.4%).

La desaceleración del año 2023 era previsible, esto debido a que los crecimientos de los dos años anteriores eran insostenibles por los desequilibrios macroeconómicos que se estaban generando y que por ende se debían corregir². Si bien la desaceleración del PIB era algo esperado, esta resultó ser más profunda a lo previsto como consecuencia de la marcada contracción de la inversión, la cual, durante todos los trimestres del año, presentó variaciones negativas y fue el componente de la demanda con mayor contribución sobre el PIB (Figura 2, Anexo). El comportamiento negativo en la inversión es problemático porque sus efectos sobre el producto se manifiestan no solo en el presente, sino también en el largo plazo (Blanchard, 2000).

Según Kalecki (1956), el monto de la inversión en capital fijo está en función de las decisiones de invertir. Al analizar los factores que incidieron sobre las decisiones de invertir en Colombia durante el año 2023, se concluye que el factor sociopolítico fue el que más influencia tuvo, incluso más que los factores tradicionales como la tasa de interés y la actividad económica (Figura 3, Anexo), lo que sugiere que la incertidumbre tiene un papel relevante sobre la inversión.

El presente artículo tiene como objetivo determinar si la incertidumbre tiene influencia sobre las decisiones de inversión en Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF) en Colombia. Además, se pretende complementar la literatura para Colombia en donde se relacione la incertidumbre y la inversión, la cual es escasa, esto sin desconocer los aportes de Partow (1996) y Vásquez et al. (2023), quienes desarrollan diferentes modelos para evidenciar cómo la incertidumbre tiene efectos adversos sobre el comportamiento de la inversión. Para desarrollar lo anterior se realiza un modelo mediante MCO, así como un análisis descriptivo de las variables involucradas.

El artículo se divide en siete secciones que incluyen la presente introducción. En la segunda se presenta la revisión de literatura, en donde se detalla el mecanismo de búsqueda, los resultados más relevantes de los textos seleccionados y sus relaciones. En la tercera se desarrolla la metodología, la cual incluye la descripción del modelo

2. El año 2022 cerró con una inflación de 13.12%, un déficit fiscal de 5.3% del PIB y un déficit en cuenta corriente de 6.2% del PIB.

y de las variables implementadas. En la cuarta se presentan los resultados obtenidos del modelo propuesto y en las tres últimas secciones se presentan las conclusiones, las referencias y el anexo.

2. Revisión de literatura

Para esta sección se decidió llevar a cabo una búsqueda de artículos académicos por medio del uso de operadores booleanos³, donde se utilizaron las siguientes palabras clave: confianza, incertidumbre, formación bruta de capital fijo, inversión fija, determinantes y Colombia⁴.

Este método de búsqueda se realizó a través de los portales bibliográficos *Research Papers in Economics* y *Taylor & Francis Online*, los cuales arrojaron literatura empírica y teórica tanto para economías en desarrollo como avanzadas.

Entre los artículos seleccionados está “*Investments and uncertainty revisited: the case of the US economy*”, desarrollado por Degiannakis, Filis y Palaiodimos en el año 2017. La selección del anterior artículo se basó en que presentó información estadística que correlaciona la incertidumbre con la inversión y en que sirvió de vehículo para la selección de los artículos de Bernanke (1983) y Rodrik (1991), los cuales son los dos estudios teóricos implementados en este trabajo. Así mismo, a partir del mencionado artículo se seleccionaron dos artículos adicionales relacionados con economías avanzadas: FMI (2015) y Baum et al. (2008).

Si bien el uso de operadores booleanos es un mecanismo efectivo para efectuar una búsqueda orientada a un interés específico, se presentaron algunas excepciones y se seleccionaron artículos encontrados de forma no metódica en la web pero que se consideraron relevantes para los objetivos planteados en el presente estudio. Los artículos que se consideraron fueron: “*Essay on the determinants of private investment: the effect of relative price uncertainty and political instability*”, desarrollado por Escaleras (2003); “*Macroeconomic uncertainty and investment relationship in Turkey*, desarrollado por Oge (2020) y

3. Los operadores booleanos son términos utilizados en las búsquedas en bases de datos para combinar o excluir palabras clave con el fin de refinar los resultados. Los más comunes son AND, OR y NOT.

4. Dichas palabras fueron implementadas también en inglés.

“*Latin American Economic Outlook 2023: investing sustainable development*”, realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el año 2023.

Para continuar con esta sección del trabajo, a continuación se lleva a cabo un análisis de la literatura, la cual se divide en tres partes: i) economías en desarrollo, haciendo énfasis en la evidencia empírica para Colombia, ii) evidencia empírica para economías avanzadas, en especial Estados Unidos y iii) literatura teórica.

2.1 Economías en desarrollo

OCDE (2023) desarrolló un trabajo que tuvo como objetivo presentar una caracterización de la inversión en América Latina y el Caribe, destacando cómo son los niveles de inversión en la región, cuáles son los principales agentes a la hora de invertir y cuáles son los sectores de la economía que concentran la inversión. Un aspecto relevante del trabajo es el énfasis que hace en la importancia de la gobernanza y la institucionalidad, ya que estas crean un entorno de confianza que reduce la incertidumbre y promueve el ahorro de los agentes económicos.

En el caso de economías en desarrollo suele ser común el análisis de la incertidumbre y su relación con la inversión, esto dado las condiciones económicas de dichos países; como por ejemplo Turquía, que ha atravesado altos niveles de inflación. Öge (2020) realizó un estudio para este país, donde analizó el impacto de las incertidumbres del tipo de cambio real, la inflación y el crecimiento económico sobre la inversión en el periodo 1994-2018. La intención de la autora fue determinar si las incertidumbres de estas variables afectan la inversión y para ello utilizó una modelación econométrica con procesos de heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizada (GARCH)⁵. Se encontró que en el corto plazo las incertidumbres de la inflación y del tipo de cambio real de la lira frente al euro tienen un impacto negativo y significativo sobre la inversión; mientras que en el largo plazo las incertidumbres del tipo de cambio real, la inflación y el PIB tienen un impacto negativo en la inversión privada.

5. Estos permiten capturar la varianza de las innovaciones impredecibles de las variables.

Escaleras (2003) desarrolló un trabajo sobre el impacto de la incertidumbre en la inversión a través de la incertidumbre en los precios relativos y la inestabilidad política en ocho países de América Latina durante el periodo de 1970-1996. Para medir la incertidumbre política la autora utilizó indicadores de malestar social y de violencia política, mientras que para la incertidumbre de los precios relativos implementó la volatilidad del tipo de cambio, la cual fue capturada a través del modelo GARCH. La autora concluyó que las incertidumbres de los precios relativos y la inestabilidad política afectan de forma negativa la inversión.

En cuanto a Colombia, en este punto se hace referencia a los artículos de Partow (1996), Cárdenas & Olivera (1995), Botero et al. (2007) y Vázquez et al. (2023). Todos coinciden en que analizaron los determinantes de la FBCF en Colombia mediante estimaciones econométricas. No obstante, se diferencian en diversos aspectos. Por ejemplo, Cárdenas & Olivera (1995) y Botero et al. (2007) se centraron en el costo de uso del capital (CUC) como determinante de la FBCF. En contraste, Partow (1996) y Vázquez et al. (2023) consideraron el papel de la confianza sobre la inversión, pero con diferentes formas de medirla: Partow (1996) lo hizo a través de la volatilidad del producto marginal del capital, mientras que Vázquez et al. (2023) utilizaron el índice de confianza industrial (ICI). Por otro lado, aunque Cárdenas & Olivera (1995) y Botero et al. (2007) coinciden en enfocarse en la variable CUC (compuesta por la tasa de interés, precios y factor tributario), difieren en su implementación. Botero et al. (2007) construyeron un índice con los componentes del CUC, mientras que Cárdenas & Olivera (1995) los consideraron de forma desagregada, es decir, incorporaron cada componente del CUC de forma separada en su modelo empírico.

En cuanto a los resultados, todos los artículos revisados para Colombia coinciden en que el coeficiente del CUC es estadísticamente significativo y tiene un efecto inverso sobre la FBCF. Sin embargo, Cárdenas & Olivera (1995) concluyeron que el coeficiente del factor tributario deja de ser significativo cuando se corrige el modelo por autocorrelación. Por otro lado, Partow (1996) y Vázquez et al. (2003) coinciden en que existe una relación directa entre la confianza y la inversión. En Partow (1996)

el coeficiente del producto marginal del capital es negativo, ya que una mayor volatilidad de esta variable es un indicador de baja confianza. En Vásquez et al. (2003) el coeficiente de la variable que mide la confianza, ICI, es positivo. En cuanto al trabajo de Botero et al. (2007) es de resaltar que allí se concluyó que la tasa de interés es la variable que mayor incidencia tiene sobre el índice del CUC.

En la introducción se mencionó que este trabajo busca complementar la literatura para Colombia. Como se detalla en la metodología (Sección 3), se emplean variables previamente utilizadas en la literatura, como el CUC y el ICI. En este contexto, la principal contribución del estudio radica en la variable que captura el efecto acelerador de la inversión, para lo cual se considera el rezago de la FBCF. Esta elección se fundamenta en la teoría de Jorgenson y Stephenson (1968), quienes argumentaron que la inversión se ajusta de manera gradual.

2.2 Economías avanzadas

Para este punto se consideran los trabajos de Baum et al. (2008), Degiannakis et al. (2017) y FMI (2015), donde los dos primeros hicieron un estudio para Estados Unidos, mientras que el último abordó un conjunto de países avanzados. Los tres artículos coinciden en que desarrollan una metodología cuantitativa a través de modelos econométricos, donde la inversión se toma como variable dependiente y la incertidumbre como variable independiente, además de otras variables. Baum et al. (2008) y FMI (2015) coinciden en su metodología debido a que usaron panel de datos, en donde se tomó como elemento transversal una muestra de firmas, mientras que Degiannakis et al. (2017) utilizaron datos en series de tiempo.

En cuanto a las motivaciones, estas difieren en cada uno de los trabajos. Baum et al. (2008) buscaba evidenciar que la relación inversa entre incertidumbre e inversión se mantiene en el tiempo, incluso con la presencia de la Q de Tobin en el modelo, desafiando investigaciones previas que sugerían lo contrario. FMI (2015) tuvo como objetivo explicar qué factores influyeron en el débil comportamiento de la inversión en algunos países avanzados a partir del año 2007. Se encontró que, al incluir una

medida de incertidumbre, el modelo desarrollado tuvo un mejor ajuste al comportamiento que efectivamente tuvo la inversión. Por último, Degiannakis et al. (2017) pretendían evidenciar que, aunque generalmente la inversión y la incertidumbre se relacionan de forma inversa, esta relación puede tener variaciones en el tiempo. Es decir, hay períodos en los que la alta incertidumbre no necesariamente se traduce en una disminución de la inversión.

A pesar de que las motivaciones son diferentes, los tres estudios evidencian, en términos generales, que la incertidumbre impacta negativamente la inversión. Por ejemplo, FMI (2015) mostró que, en aquellas firmas más sensibles a la incertidumbre, la presencia de esta llegó ocasionar una caída de 1.3 puntos porcentuales más en la inversión que en aquellas menos sensibles. Otro ejemplo es el de Degiannakis et al. (2017), quienes encontraron que durante las crisis de principios de los 90's y de 2008, el índice de incertidumbre de política económica tuvo una relación negativa con la inversión. Además, al desagregar esta última en su componente público y privado, se concluyó que la relación negativa es ocasionada por la caída en la inversión privada, pues la pública se comportó de forma contraria.

Baum et al. (2008), Degiannakis et al. (2017) y FMI (2015) utilizaron distintas metodologías para el cálculo de la incertidumbre. FMI (2015) y Degiannakis et al. (2017) coinciden en que utilizaron el índice de incertidumbre de política económica, desarrollado por Baker, Bloom & Davis (2013). Por otro lado, Baum et al. (2008) utilizó tres indicadores para capturar la incertidumbre: i) la incertidumbre propia de la firma, derivada de la rentabilidad propia de la empresa; ii) la incertidumbre del mercado, medida a través del índice S&P 500 y iii) la incertidumbre mixta, considerando las dos anteriores.

2.3 Literatura teórica

Así como se ha desarrollado evidencia empírica que permite afirmar que la incertidumbre impacta negativamente la inversión, existe literatura que se ha enfocado en explicar las causas teóricas de esto. Dos ejemplos que en este punto se mencionan son los trabajos de Bernanke (1983) y Rodrik (1990).

El objetivo de Bernanke (1983) fue establecer el marco teórico con el cual se defina una regla sobre la decisión de inversión. Para ello, el autor supuso que las decisiones de inversión son irreversibles y que la información a la que se puede acceder para tomar decisiones más informadas llega sobre el tiempo, esto es, luego de realizar o no la inversión. El elemento clave de la teoría de Bernanke es el concepto de valor de la opción, el cual hace referencia a la valoración que adquiere la posibilidad de adquirir nueva información dado que se decida posponer la inversión. En ese sentido, la regla propuesta por Bernanke establece que se toma la decisión de invertir si y solo si la rentabilidad supera la valoración de la opción, la cual es sensible y responde positivamente a macrofactores que generan incertidumbre, tales como cambios en materia de política fiscal, monetaria o regulatoria. Con lo anterior, el trabajo de Bernanke (1983) sugiere que la incertidumbre impacta negativamente la inversión, ya que aquella eleva el valor de la opción y con ello las probabilidades de que se decida contener la inversión.

Rodrik (1990) analizó la relación entre la incertidumbre generada por reformas políticas y la inversión en países en desarrollo, en los cuales esta última se vio afectada. Los altos niveles de deuda en estos países incentivaron la ejecución de reformas estructurales para atraer inversionistas. Sin embargo, estas medidas, al no ser efectivas por el alto grado de incertidumbre sobre la política futura, generan un dilema: Sin inversión es menos probable que las reformas resulten sostenibles, pero la inversión no se producirá en presencia de la incertidumbre de las políticas futuras, pues el comportamiento racional del sector privado hace retener la inversión hasta que se elimine gran parte de la incertidumbre sobre el éxito de las reformas. El autor desarrolló un modelo teórico simple y lineal que relaciona el tamaño del impuesto implícito con la probabilidad subjetiva de que las reformas se hundan y con la magnitud de irreversibilidad en el proceso de inversión. Así, la probabilidad subjetiva de que las reformas se reviertan es considerada la variable para medir la incertidumbre política, y por tanto, los inversionistas deberán decidir si reaccionar o no frente a la reforma. La conclusión más importante es que las reformas deben compensar la probabilidad de que estas se reviertan y por tanto, se muestra que la insostenibilidad potencial de las reformas actúa como un impuesto a la inversión.

3. Metodología

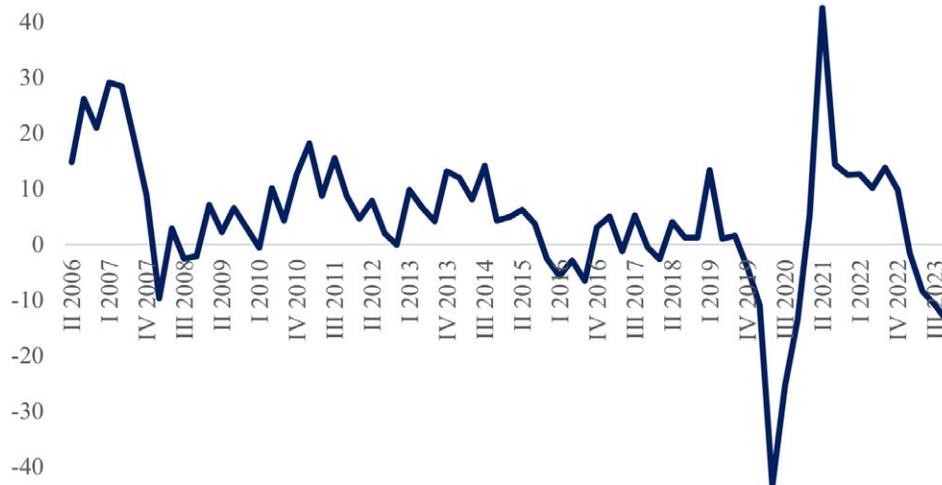
Para determinar si la incertidumbre tiene influencia sobre las decisiones de inversión en FBCF en Colombia se lleva a cabo un análisis del comportamiento de las variables involucradas, así como una estimación por MCO con una variable rezagada. El modelo se desarrolla para el período que va desde el segundo trimestre del año 2006 al cuarto trimestre del año 2023 y adopta la siguiente forma:

$$FBCF_t = \beta_0 + \beta_1 CUC_t + \beta_2 ICI_t + \beta_3 FBCF_{t-1} + \mu_t \quad (1)$$

Donde:

$FBCF_t$: Es la variación anual de la FBCF reportada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en cada trimestre. En la Figura 1 se puede ver como esta variable es altamente volátil y como en el año 2023, luego de una marcada recuperación posterior a la pandemia, la variación se ubicó en terreno negativo en todos los trimestres. Lo anterior evidencia el mal comportamiento que tuvo este agregado macroeconómico y por el cual surge la motivación de este trabajo.

Figura 1. Variación (%) anual de la FBCF



Fuente: Elaboración propia con datos del DANE (2024)

CUC_t : Es la variación anual del CUC en cada trimestre, el cual es entendido como el costo de oportunidad de la inversión (Botero et al., 2007) o la tasa mínima de retorno que se le exige a una inversión en un activo fijo (Asobancaria, 2022). Para la construcción de esta variable se implementó la siguiente ecuación⁶:

$$CUC = \frac{(1-A+IVA)}{(1-T)} * (r + \delta - \pi) * \frac{IPP_{bienes\ de\ capital}}{IPP_{total}} * 100 \quad (2)$$

Donde el primer término al lado derecho de la ecuación es el componente tributario, el segundo es el componente de tasa de interés real y el tercero es el componente de precios relativos. Cada una de las variables implementadas en (2) son definidas de la siguiente manera:

A: Deducción por inversión de activos fijos (tomada del Estatuto Tributario)

IVA: Tarifa al impuesto al valor agregado (tomada del Estatuto Tributario)

T: Tarifa de impuesto a la renta de personas jurídicas (tomada del Estatuto Tributario)

r: Tasa de interés nominal (promedio trimestral DTF 90 días, tomada del Banrep)

π : Inflación anual por índice de precios al consumidor (último mes de cada trimestre, tomada del DANE)

δ : Depreciación de los activos fijos (tomada del Estatuto Tributario)

$IPP_{bienes\ de\ capital}$: Índice de precios al productor de bienes de capital (último mes de cada trimestre, tomada del DANE)

IPP_{total} : Índice de precios al productor total (último mes de cada trimestre, tomada del DANE)

Durante el período analizado, el CUC, construido en base a (2), tuvo el siguiente comportamiento:

6. Tomada de Asobancaria.

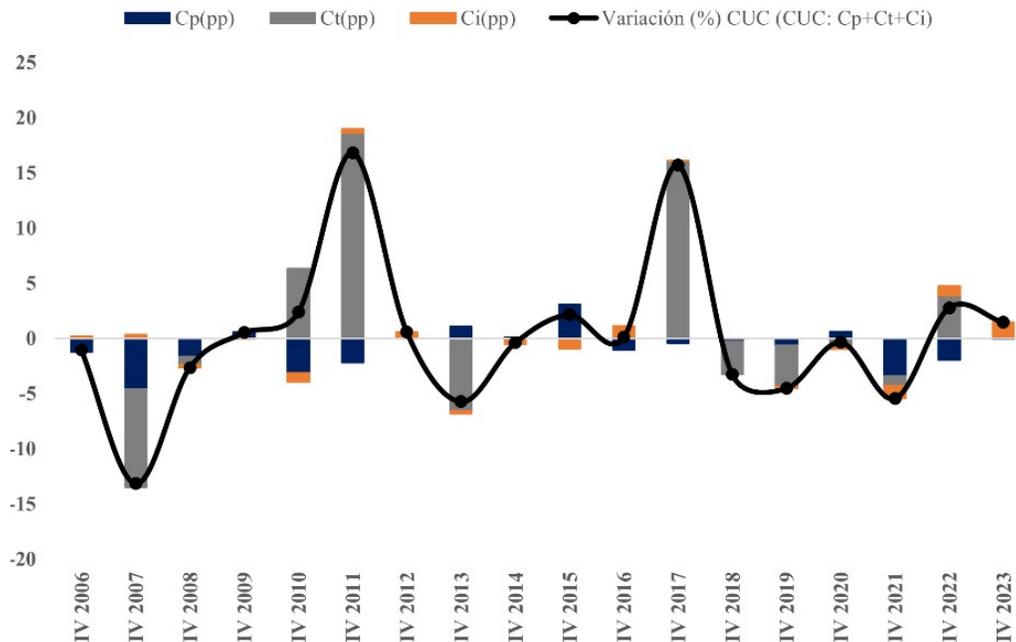
Figura 2. Costo de uso del capital (%)

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE, Banco de la República y Estatuto Tributario (2024)

En la Figura 2 se evidencia cómo a partir del año 2016 el CUC aumenta de forma notoria hasta llegar a 25.6% en el segundo trimestre del año 2017. A partir de ahí, el CUC presenta una tendencia decreciente, la cual se profundizó en el período de la pandemia y llegó a un punto mínimo de 8.3% en el primer trimestre de 2022. En el período reciente, el CUC ha tenido una tendencia creciente y cerró el año 2023 en 21.9%

Al analizar el impacto de cada uno de los componentes en el CUC, se observa que el componente tributario es el que ha contribuido en mayor medida a la variación de esta variable. No obstante, en los últimos años, el componente de tasa de interés real ha tenido un mayor protagonismo, a tal punto que en el año 2023 la variación del CUC se debe principalmente a dicho componente (Figura 3).

Figura 3. Variación (%) anual del CUC medido como la suma de los componentes y contribuciones (pp) de sus componentes*



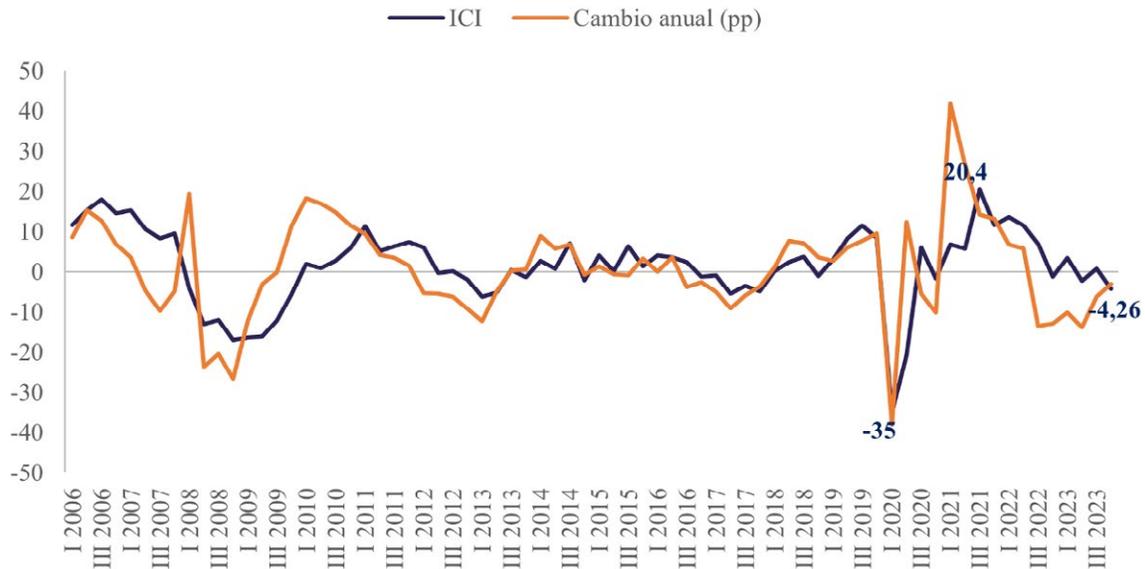
Fuente: Elaboración propia con datos del DANE (2024)

*Nota: cp, ct y ci son componentes precios relativos, tributario e interés real, respectivamente

ICI_t: Es el ICI a fin de cada trimestre obtenido de la Encuesta de Opinión Empresarial de Fedesarrollo, el cual se calcula a partir de tres componentes: i) volumen actual de pedidos, ii) nivel de existencias y iii) expectativas de producción para el próximo trimestre. El valor del índice varía en un rango [-100, 100], donde valores mayores sugieren un entorno de confianza, mientras que valores menores indican lo contrario, es decir, un entorno de incertidumbre.

En el Figura 4 se evidencia que el ICI es una variable que presenta alta volatilidad. En el año 2020 llegó a un valor de -35%, en el año 2021 subió hasta el 20.4% y en el año 2023 se ubicó en un mínimo de -4.26%.

Figura 4. Índice de confianza industrial (%) y su cambio anual (pp)



Fuente: Elaboración propia con datos de Fedesarrollo (2024)

En la especificación de la ecuación (1) se toma el ICI_t como medida de incertidumbre, que es la variable principal que se pretende evaluar en el presente trabajo. El CUC_t representa el costo de oportunidad de invertir en activos fijos y se incluye en el modelo como variable de control, dado que estudios previos han verificado su importancia para analizar el comportamiento de la inversión (Botero et al., 2007). Por último, $FBCF_{t-1}$ busca capturar el efecto acelerador de la inversión.

Como se mencionó en la Sección 2.1, $FBCF_{t-1}$ es la variable utilizada en este estudio para complementar la literatura para Colombia. Se eligió esta variable como medida del efecto acelerador ya que parte de la premisa de que la inversión es un agregado macroeconómico que se ajusta de forma gradual (Jorgenson & Stephenson, 1968). Es decir, no se espera que el dinamismo de la inversión presente cambios abruptos, sino que su comportamiento esté relacionado con su pasado inmediato.

Además, como señalaron Jorgenson et al. (1970), la teoría del efecto acelerador de la inversión con ajuste gradual se desarrolla bajo una serie de supuestos neoclásicos. En este marco, el costo del capital depende de factores como la tasa impositiva,

la deducción por inversión, la tasa de interés y la depreciación, elementos que se utilizan en este trabajo para calcular el CUC.

Para la estimación de la regresión especificada en la ecuación (1) se utilizó el software estadístico Rstudio. Debido a que en la ecuación (1) se utilizan variables en series de tiempo, es posible que se incurra en un problema de regresión espuria. Por lo tanto, si las series no son estacionarias, se debería operar la regresión con las series diferenciadas.

Al realizar los correlogramas (Figura 4, Anexo) se percibe raíz unitaria para cada una de las series. Sin embargo, al realizar la prueba Dickey-Fuller (DF) se tiene que, a un nivel de significancia del 0.05, se rechaza la hipótesis nula de que existe raíz unitaria, ya que los estadísticos tau superan en valor absoluto los valores críticos de tau de MacKinnon (Tabla 1, Anexo). Debido a la ambigüedad de los resultados para determinar la estacionariedad de las series se decide evaluar si estas están cointegradas, ya que en caso de estarlo la ecuación (1) se puede estimar en su forma original.

Según Wooldridge (2009), una forma de determinar si un conjunto de series están cointegradas es mediante la prueba de Engle-Granger, donde la hipótesis nula es que las series no están cointegradas. La forma de testear la hipótesis es mediante la prueba DF sobre los residuales de la regresión, que en este caso sería la ecuación (1). Si dichos residuales resultan ser $I(0)$, entonces las series están cointegradas. En el Figura 5 y Tabla 2 del Anexo se presentan los correlogramas y la prueba DF para diferentes niveles de significancia sobre los residuales que resultan de estimar (1). A partir de ambos se determina que no hay raíz unitaria y con ello se concluye que hay cointegración.

Al estimar (1) se nota que, debido a la alta volatilidad que presentan las variables en algunos momentos, hay presencia de observaciones influyentes. Es decir, hay observaciones que “halan” el modelo a su dirección y se caracterizan por tener un valor inusual tanto en las variables predictoras como respuesta (González & Lopera, 2018). El mecanismo que se implementó para detectar las observaciones influyentes fue el diagnóstico de DFFITS, el cual mide cuántas desviaciones estándar se altera el valor ajustado de $FBCF_t$ al omitir la observación i . En la Tabla 3 del anexo se presentan las observaciones que no fueron incluidas en la regresión por ser consideradas puntos influyentes.

Así mismo, en la Tabla 4 del anexo se presenta la validación de los supuestos de un modelo de MCO. Se evidencia que se cumplen las condiciones para garantizar la insesgadez de los estimadores, lo que justifica la elección de MCO sobre otras alternativas. No obstante, se reconoce que el no cumplimiento de la normalidad de los residuales afecta la capacidad del modelo para hacer inferencia estadística. Sin embargo, esto no representa un obstáculo, ya que el que el objetivo del estudio no es realizar extrapolaciones.

4. Resultados

Los resultados de estimar (1) se presentan en la Tabla 1, donde la estimación (A) considera todas las observaciones y la estimación (B) omite los puntos influenciales.

Tabla 1. Resultados

<i>Variable dependiente: FBCF_t</i>	(A)	(B)
<i>CUC_t</i>	-0.05984 (0.03736)	-0.0486* (0.02716)
<i>ICI_t</i>	0.34422*** (0.12531)	0.2494** (0.09786)
<i>FBCF_{t-1}</i>	0.51895*** (0.09691)	0.54426*** (0.09062)
<i>Intercepto</i>	1.73352 (1.12639)	2.03009** (0.88616)
<i>R²</i>	0.5199	0.5754
<i>R² Ajustada</i>	0.4985	0.5551
<i>Error estándar</i>	8.612	6.133
<i>Estadístico F</i>	24.19	28.45
<i>Valor p</i>	1.016e ⁻¹⁰	9.427e ⁻¹²
<i>Observaciones</i>	71	67

Nota: * $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$

Cálculos: Rstudio

Los resultados presentados en la Tabla 1 evidencian que la incertidumbre tiene influencia en las decisiones de inversión en FBCF en Colombia. Los coeficientes de la variable *ICI* resultaron ser estadísticamente significativos al 0.01 en la estimación (A) y al 0.05 en la estimación (B). En cuanto a los signos, estos sugieren que existe una relación directa entre la confianza y la variación de la FBCF, o lo que es lo mismo, existe una relación inversa entre la incertidumbre y la variación de la FBCF.

Por otro lado, los resultados indican que el coeficiente del *CUC* es estadísticamente significativo al 0.1 cuando se omiten las observaciones influenciales. Además, su signo, al ser negativo, muestra que un aumento en la variación del *CUC* genera una disminución en la variación de la FBCF, lo cual coincide con las conclusiones de la literatura revisada. Por último, se evidencia que el coeficiente del efecto acelerador es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 0.01 y su signo indica que, efectivamente, la variación de la FBCF se relaciona positivamente con su comportamiento pasado. Además, la significancia estadística del efecto acelerador reafirma lo señalado por Jorgenson y Stephenson (1968), quienes afirmaron que la inversión tiene un comportamiento de ajuste gradual.

5. Conclusiones

El presente estudio tuvo como objetivo determinar si la incertidumbre tiene impacto sobre la inversión en FBCF en Colombia. Tras una revisión de literatura y el desarrollo de un modelo mediante MCO, se identificó que, para el período 2006-2023, la incertidumbre tuvo un impacto estadísticamente significativo sobre la FBCF, lo cual coincide con lo hallado en Partow (1996) y Vásquez et al. (2023) para el caso colombiano. De esta manera, se aporta a la evidencia de que en Colombia hay factores más allá de los tradicionales, como la tasa de interés y la actividad económica, que explican el comportamiento de la inversión.

Con los resultados obtenidos se refleja la necesidad de propiciar un entorno de certidumbre, con reglas de juego claras que incentiven la inversión en el país, pues se ha demostrado de forma empírica que la formación bruta de capital en maquinaria y equipo tiene un efecto positivo en el crecimiento económico en el corto y en el largo plazo (Betancur et al., 2018).

En Colombia es especialmente relevante la inversión en infraestructura, pues es un sector con un efecto multiplicador de 2.2 en la producción y 20.7 en el empleo (Corficolombiana, 2024). Por lo tanto, honrar compromisos como las vigencias futuras, seguridad jurídica y ajustes en los peajes son ejemplos que permiten generar un entorno estable y propicio para la inversión.

Por otro lado, se considera necesario explorar otros métodos de análisis que permitan ofrecer mayor soporte a la existencia de una relación causal entre la incertidumbre y la inversión en Colombia. Así mismo, el presente trabajo deja la posibilidad de ampliar el estudio sobre la relación entre la inversión y la incertidumbre a través de otras formas de medir esta última, ya que, al ser un factor inobservable, existen diversas formas indirectas de medirla.

6. Referencias

1. Asobancaria. (2022). Costo de uso del capital y su impacto en la inversión. Banca y economía, edición 1345. https://www.asobancaria.com/wp-content/uploads/2022/09/1345_BE.pdf
2. Baum, F.C., Caglayan, M. & Talavera, O. (2008). Uncertainty determinants of firm investment. *Economics Letters*, 98(3), 282-287. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2007.05.004>
3. Blanchard, O. (2000). *Macroeconomía* (2da ed). Prentice Hall
4. Baker, S. R., N. Bloom, & S. J. Davis. (2016). Measuring economic policy uncertainty. *The Quarterly Journal of Economics*, 131(4). 1593-1636. <https://doi.org/10.1093/qje/qjw024>
5. Bernanke, S.B. (1983). Irreversibility, uncertainty, and cyclical investment. *The Quarterly Journal of Economics*, 98(1), 85-106. <https://doi.org/10.2307/1885568>
6. Betancur, J., Orbegozo, C. & Gantiva, D. (2018). Relación entre la tasa de inversión y el crecimiento económico en Colombia. *Notas fiscales – Ministerio de Hacienda y Crédito Público*.
7. Botero, J., Ramírez, A. & Palacio, F. (2007). El costo de uso del capital y la inversión en Colombia 1990-2007. *Ecos de Economía*, 11(25), 244-264. <http://hdl.handle.net/10784/15548>
8. Cárdenas, M. & Olivera, M. (1995). La crítica de Lucas y la inversión en Colombia: Nueva evidencia. *Fedesarrollo*. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/1458>
9. Corficolombiana. (2024). Riesgos para el crecimiento de largo plazo en Colombia. *Informe semanal – Investigaciones Económicas de Corfi*

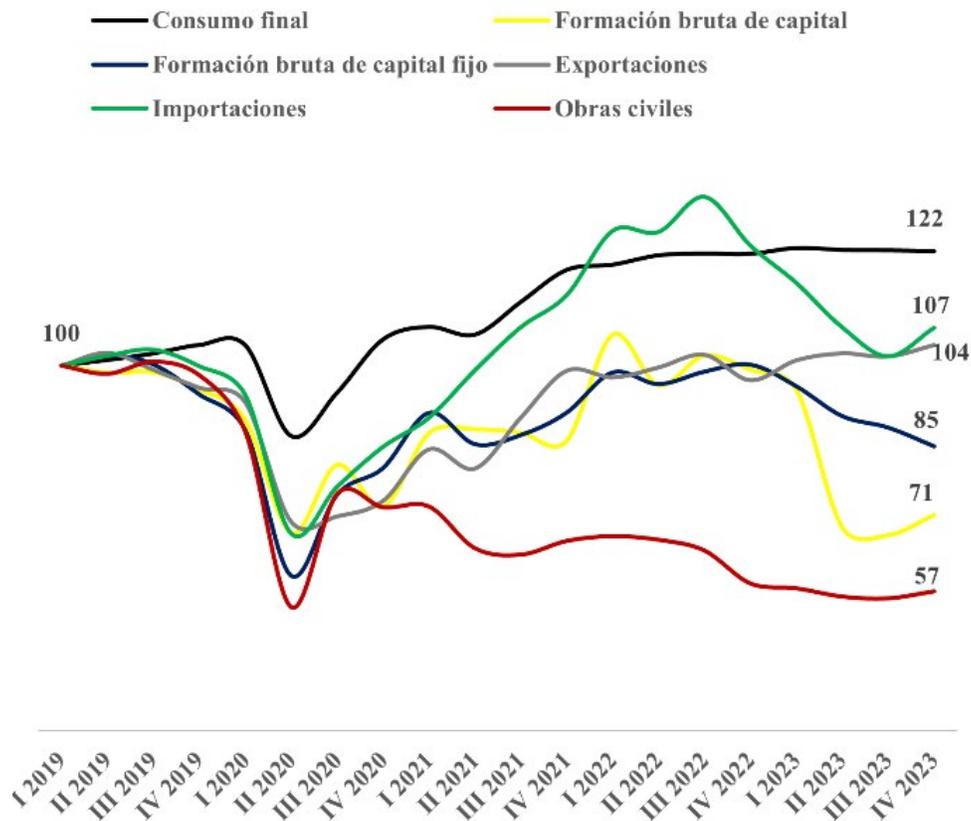
10. Degiannakis, S., Filis, G. & Palaiodimos, G. (2017). Investments and uncertainty revisited: the case of the US economy. *Applied Economics*, 49(45), 4521-4529. <https://doi.org/10.1080/00036846.2017.1284995>
11. Escaleras, M. (2003) "Essays on the determinants of private investment: the effects of relative price uncertainty and political instability". *FIU Electronic Theses and Dissertations*. 3150. <https://digitalcommons.fiu.edu/etd/3150>
12. González, N. & Lopera, C.M. (2018). Notas de clase – Estadística II. Escuela de estadística, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín
13. International Monetary Fund. (2015). Private investment: What's the holdup? En *World Economic Outlook – Short- and Long Term Factors* (117-126).
14. Jorgenson, D. & Siebert, C. D. (1968). A Comparison of Alternative Theories of Corporate Investment Behavior. *The American Economic Review*, 58(4), 681–712. <http://www.jstor.org/stable/1815529>
15. Jorgenson, D., Hunter, J. & Nadiri, M. (1970). A Comparison of Alternative Econometric Models of Quarterly Investment Behavior. *Econometrica*, 38(2), 187–212. <https://doi.org/10.2307/1913003>
16. Kalecki, M. (1953). Teoría de la dinámica económica. Fondo de Cultura Económica
17. OECD et al. (2023), *Latin American Economic Outlook 2023: Investing in Sustainable Development*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/8c93ff6e-en>
18. Öge Güney, P. (2020). Macroeconomic uncertainty and investment relationship for Turkey. *Economic Journal of Emerging Markets*, 12(2), 151–166. <https://doi.org/10.20885/ejem.vol12.iss2.art3>
19. Partow, Z. (1996). Incertidumbre económica e inversión privada en Colombia. *Borradores de economía*, (56). <https://www.banrep.gov.co/es/incertidumbre-economica-e-inversion-privada-colombia>
20. Rodrik, D. (1991). Policy uncertainty and private investment in developing countries. *Journal of Development Economics*, 36(2), 229–242. [https://doi.org/10.1016/0304-3878\(91\)90034-S](https://doi.org/10.1016/0304-3878(91)90034-S)
21. Vásquez, D., Granger, C., Rodríguez, N., Sánchez, A., Vargas, C., Arias, F. & Lozano, Ignacio. (2023). Inversión en maquinaria y equipo en Colombia: determinantes de

largo plazo y efectos del COVID 19 sobre su evolución. *Borradores de economía*, (1235).
<https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/10629>

22. Wooldridge, J.M. (2010). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno* (4ta ed.). Cengage Learning

7. Anexo

Figura 1. Comportamiento de los componentes de la demanda y obras civiles (I-2019 = 100)

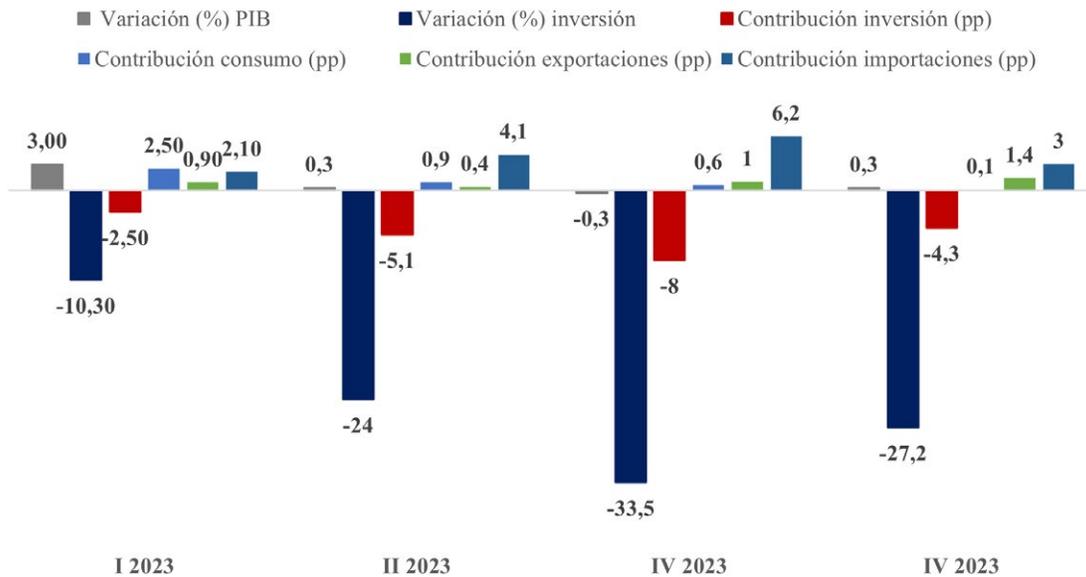


Fuente: Elaboración propia con datos del DANE (2024)

Determinantes de la formación bruta de capital fijo en Colombia

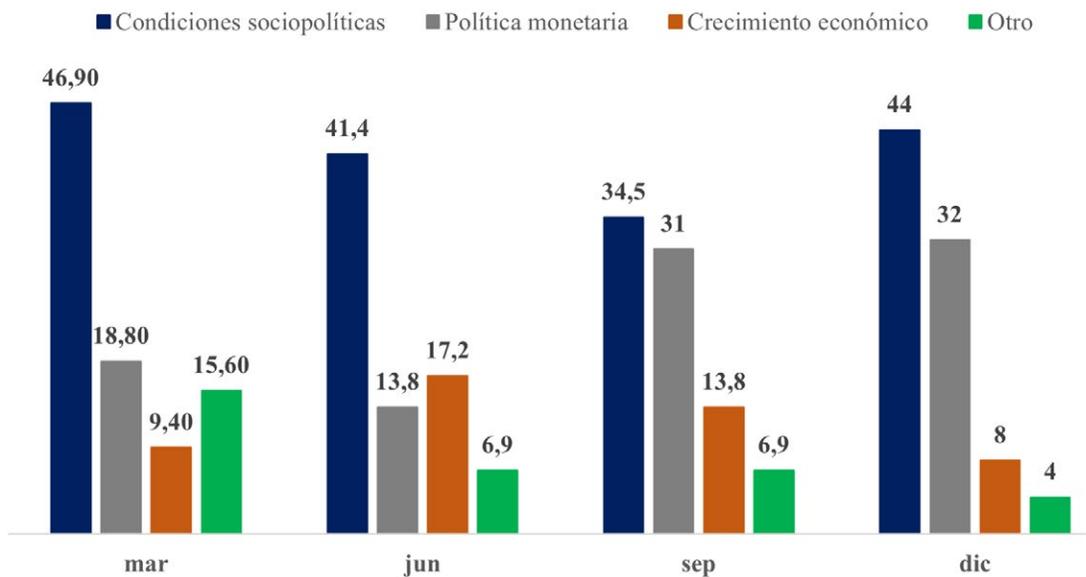
Esteban Álvarez Granda
Mateo Patiño Gómez

Figura 2. Variaciones del PIB e inversión (%) y contribución (pp) de los componentes de demanda



Fuente: Elaboración propia con datos del DANE (2024)

Figura 3. Factor más relevante para tomar decisiones de inversión (% de los encuestados, 2023)



Fuente: Elaboración propia con datos de Fedesarrollo y la bolsa de valores de Colombia (2023)

Figura 4. Correlogramas de las series

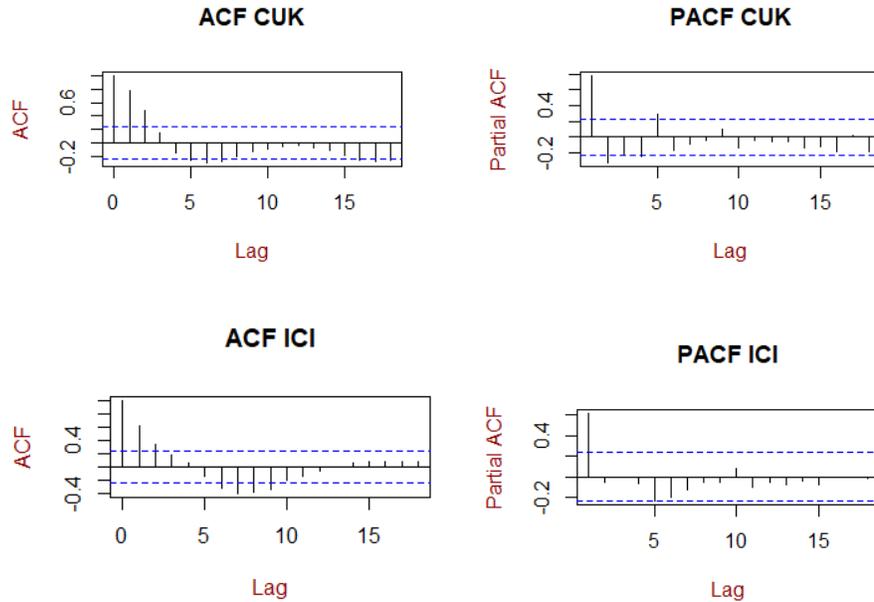


Tabla 1. Prueba de Dickey-Fuller al 0.05 de significancia*

Variable	Estadístico tau	Valor crítico
$FBCF_t$	5.0128	-3.45
CUC_t	4.5948	-3.45
ICI_t	5.4125	-3.45

*Nota: La prueba de DF se hizo en su modalidad "trend", es decir, evaluando raíz unitaria, tendencia y deriva

Figura 5. Correlogramas de los residuales resultantes de estimar (1)

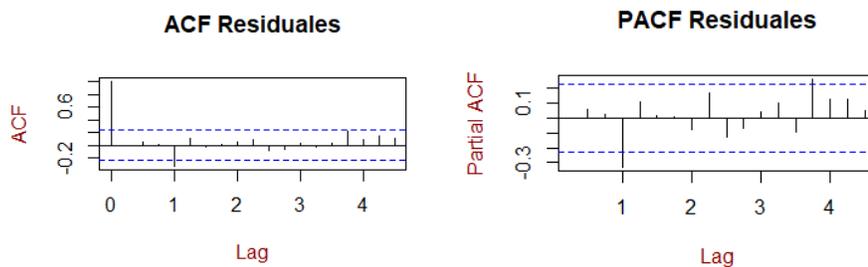


Tabla 2. Prueba Dickey-Fuller* sobre los residuales resultantes de estimar (1)

Estadístico tau	Valor crítico	Nivel de significancia
-5.7601	-4.04	0.01
11.0884	-3.45	0.05
16.5905	-3.15	0.1

*Nota: La prueba de DF se hizo en su modalidad “trend”, es decir, evaluando raíz unitaria, tendencia y deriva

Tabla 3. Diagnóstico DFFITS

Observación	DFFITS
Trimestre II 2020	-1.439
Trimestre III 2020	-0.681
Trimestre II 2021	0.993
Trimestre III 2021	-1.144

Las observaciones de la Tabla 3 se excluyeron en la estimación (B) por ser observaciones influyentes. El criterio para determinar que observación es influyente fue verificar si el valor absoluto del DFFITS supera el valor 0.4747, el cual resulta de la siguiente expresión:

$$2 * \sqrt{\frac{p}{n}}; \quad n: \text{observaciones iniciales (71)}; \quad p: \text{parámetros (4)}$$

Tabla 4. Validación de los supuestos modelo B

Supuesto	Cumple
Media condicional cero de los errores	Sí, dado que la media de los residuales -1.6×10^{-16}
Homocedasticidad	Sí, dado que al graficar los residuales contra los valores ajustados, no se identifican patrones que sugieran cambios en la varianza, tal como se ve en el Gráfico 6.
Normalidad de los errores	No, pues el histograma de los residuales no se ajusta a una distribución normal (Gráfico 7). A pesar de esto, la estimación del modelo sigue siendo insesgada, pues como menciona Wooldridge (2010), el supuesto de normalidad no hace que el modelo deje de ser el mejor estimador lineal insesgado bajo los supuestos de Gauss Markov.
No autocorrelación entre los errores	Sí, pues bajo la prueba de Breush-Godfrey, no se rechaza la hipótesis nula de que no existe autocorrelación entre los residuales.
No multicolinealidad	Sí, ya que los factores de inflación de varianza de cada variable independiente no superan el valor de 5.

Figura 6. Residuales vs valores ajustados

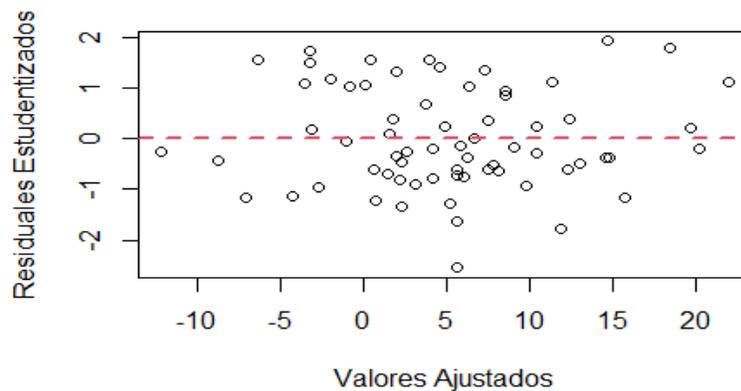
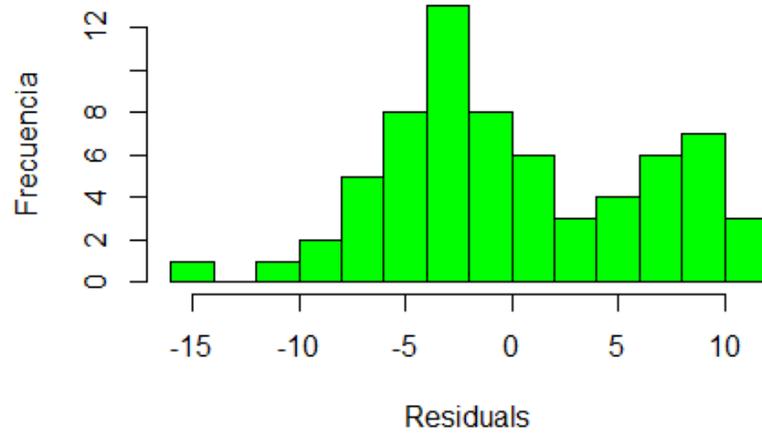


Figura 7. Histograma de los residuales





Revista de Estudiantes de Economía / Número 8 / Enero-diciembre 2024

INTERCAMBIO

El volumen y crecimiento de la deuda externa: ¿una limitante al desarrollo de economías como la colombiana en la actualidad?

*The volume and growth of
foreign debt: a constraint to
the development of economies
such as Colombia's today?*

.....

Cristina de los Angeles Moscoso Alvarez

E-ISSN 2619-6131



El volumen y crecimiento de la deuda externa: ¿una limitante al desarrollo de economías como la colombiana en la actualidad?*

The volume and growth of foreign debt: a constraint to the development of economies such as Colombia's today?

Cristina de los Angeles Moscoso Alvarez**

Resumen

En ocasiones, los ingresos de una nación son insuficientes para cubrir sus gastos. Esa disparidad ha impulsado el endeudamiento interno y externo como solución a los déficit fiscal y presupuestario. En calidad de nación en desarrollo, Colombia sigue esta tendencia al obtener créditos del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional, y emitir títulos valor. Además, la falta de ingresos fiscales adecuados obliga al país a solicitar apoyo monetario extranjero, argumentando que el crédito fomenta la inversión y el desarrollo económico. No obstante, es discordante cómo la creciente deuda externa de Colombia ha obstaculizado su transformación económica a largo plazo, dirigiendo su economía hacia un círculo vicioso de endeudamiento. Para ahondar en ello, este trabajo analiza cómo la deuda externa



Intercamb. Rev. Estud.
Economía. N° 8
Enero-diciembre 2024
127 pp.
E-ISSN 2619-6131
pp. 38-55

* **Artículo recibido:** 4 de julio de 2024 | **aceptado:** 21 de enero de 2025

** Estudiante de Contaduría Pública y Administración de Empresas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Correo electrónico: cmoscosoa@unal.edu.co

limita la economía colombiana, impactando la inversión, la cuenta corriente y el presupuesto nacional.

Palabras clave: deuda externa, desarrollo económico, limitante, inversión, cuenta corriente, presupuesto nacional.

Clasificación JEL: F34, H68, O11.

Abstract

Sometimes, a nation's revenues are insufficient to cover its expenses. This disparity has driven domestic and foreign debt as a solution to fiscal and budget deficits. As a developing nation, Colombia follows this trend by obtaining loans from the World Bank and the International Monetary Fund and issuing securities. In addition, the lack of adequate fiscal revenues forces the country to request foreign monetary support, arguing that credit encourages investment and economic development. However, it is jarring how Colombia's growing external debt has hindered its long-term economic transformation, leading its economy into a vicious cycle of indebtedness. To delve deeper into this, this paper analyzes how external debt limits the Colombian economy, impacting investment, the current account, and the national budget.

Keywords: external debt, economic development, limiting, investment, current account, national budget.

JEL classification: F34, H68, O11.

*El crédito es como una droga,
puede curar o generar adicción.
(Heinrich Sassenfeld, 2003)*

1. Endeudamiento: ¿solución o problema?

World Economic Outlook es una clasificación elaborada por el Fondo Monetario Internacional (FMI) que categoriza a los países según su desarrollo económico. En este contexto, Colombia y las naciones que se precisan en el párrafo siguiente comparten la característica de ser clasificados como "Economías emergentes y en desarrollo".

Esta categorización subraya que el endeudamiento es un fenómeno más frecuente en naciones en vías de desarrollo. De hecho, el Banco Mundial enfatiza la importancia crítica del financiamiento a través de la deuda para el desarrollo, ya que esto propende el crecimiento mediante escenarios propicios para la inversión. Sin embargo, esta lógica es válida siempre y cuando el manejo del nivel de endeudamiento se realice de manera transparente y se establezcan mecanismos de rendición de cuentas sobre la gestión de dicha deuda.

México, Costa Rica, Paraguay, Argentina y República Dominicana son algunos de dichos países en desarrollo que han recurrido al endeudamiento como resultado de la notable inferioridad de los ingresos gubernamentales frente a las erogaciones que, se asume, son en pro del crecimiento. Por su parte, Colombia no se ha desviado de este camino y ha incursionado en la adquisición de créditos principalmente otorgados por entidades como el Banco Mundial o el Fondo Monetario Internacional¹. Asimismo, el Estado ha contribuido al aumento monumental de la deuda mediante la emisión de títulos valores comprados por no residentes nacionales.

Del mismo modo, Cardona-Tobón (1990) señala que el crédito externo puede ser una oportunidad para equilibrar el déficit fiscal con el fin de que un país, independientemente de su grado de desarrollo económico, pueda reestablecer o alcanzar una sostenibilidad fiscal y, además, logre dar cumplimiento a objetivos como, por ejemplo, la promoción de la inversión y programas generales de desarrollo. No obstante, el desarrollo de la economía colombiana se ve negativamente afectado por el volumen y crecimiento, ciertamente incontenible, de la deuda externa, debido a los obstáculos que ésta impone sobre algunos de los procesos de transformación económica proyectados a largo plazo en el país.

1. Cabe precisar que, en el contexto de la concesión de deuda a una nación, un país puede también desempeñar el papel de acreedor. Este es el caso de Estados Unidos, que entre 1914 y 1929 dejó atrás su condición de nación deudora y se consolidó como un acreedor importante. Este cambio se debió, entre otros factores, a un incremento en las inversiones directas y en los préstamos otorgados a los gobiernos aliados durante la guerra que tuvo lugar en esos años. (Avella, 2004)

2. Aproximaciones a la definición de desarrollo económico y la composición de la deuda externa

La naturaleza conceptual de los términos desarrollo y crecimiento económico es frecuentemente desconocida o malinterpretada, lo que ha originado un uso erróneo de ambos términos. Valcárcel (2006) define el desarrollo económico como “un proceso transformador que involucra el aumento y la mejor distribución de la riqueza, la atención a las necesidades básicas de la población y la ampliación de las opciones para el desenvolvimiento de su vida” (p. 34). Por otro lado, la profesora de la Universidad Nacional de Mar del Plata, María Eugenia Labrunée (2018), indica que el crecimiento económico está ligado al tamaño de la economía, cuyo acrecentamiento se produce a partir del aumento en la productividad para la fabricación de bienes tangibles y la prestación de servicios.

Para evidenciar algunas de las principales afectaciones negativas sobre el desarrollo de la economía colombiana como resultado de optar por la alternativa del endeudamiento externo, es fundamental aclarar en qué consiste la deuda externa y cómo está compuesta. Cualquier cambio en su nivel, ya sea una disminución o aumento (siendo este último la tendencia predominante), será un factor clave al evaluar la evolución temporal del endeudamiento colombiano con entidades financieras internacionales y países acreedores.

De acuerdo con el Glosario del Banco de la República de Colombia, la deuda externa hace referencia a los recursos obtenidos por un país vía préstamos, títulos de deuda o a través de obligaciones contraídas con no residentes. Estos mecanismos de endeudamiento implican un acuerdo de pago futuro por concepto del monto principal y los intereses cobrados por el acreedor al ceder temporalmente parte de su capital. Asimismo, aludir a la deuda externa requiere establecer una desagregación entre la deuda pública, contraída por el Estado, y la deuda privada, compuesta por los pasivos contractuales de empresas y particulares al solicitar crédito externo.

3. La disyuntiva de Colombia: deuda externa o desarrollo económico

En el marco del panorama socioeconómico contemporáneo, el análisis de la economía colombiana implica abordar la situación de una nación en vía de desarrollo, caracterizada por elementos históricos que aún persisten.

Abordar la complejidad de un país como Colombia y comprender las razones detrás de su clasificación como nación en desarrollo requiere examinar su contexto. Para empezar, “la distribución del ingreso de la sociedad colombiana dista de ser equitativa” (Acosta, 2013, p. 9). Este fenómeno se debe en gran medida a la concentración del poder político y económico en una minoría elitista, vinculada a instituciones débiles e ineficaces. Tales condiciones propician altos niveles de violencia y corrupción, manifestados en contextos desastrosos de conflicto armado, desplazamiento y desaparición forzada. Esto redundaba en un índice de pobreza multidimensional para Colombia que alcanzó el 12.9% en el 2022 y se redujo a 12,1% al siguiente año, de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Lo anterior permite ilustrar que Colombia enfrenta considerables desafíos que requieren una atención y resolución apremiantes. Para confrontar eficazmente estas problemáticas, la nación precisa de cuantiosos recursos cuya gestión y distribución se ha visto sesgada por intereses particulares que, por medio de la promulgación de políticas - fundadas en la corrupción - propenden y reproducen desigualdades regionales (Acosta, 2013). La retórica frente a ello arguye que los exiguos superávits generados a través de la recaudación tributaria resultan insuficientes para satisfacer las necesidades y subsanar las precarias condiciones que afectan a determinadas poblaciones vulnerables en el territorio nacional (Cardona-Tobon, 1990). Subsecuentemente, Colombia se ve compelida a solicitar asistencia monetaria de la comunidad internacional.

Por lo anterior, es crucial evaluar los riesgos, costos y beneficios involucrados al momento de optar por adquirir deuda, puesto que, en la búsqueda por mejorar el potencial desarrollo del país, el endeudamiento se ha convertido parcialmente en un limitante y una de las “piedras en el zapato” que no le permite avanzar a Colombia. De manera análoga a una bola de nieve (o de dinero), la deuda acumulada ha experimentado

un crecimiento descontrolado, lo cual ha desincentivado el desarrollo y propiciado un sentimiento de resignación ante la imposibilidad de pago.

4. La deuda externa como limitante

En las secciones subsiguientes se abordarán los tres escenarios que, en condiciones deseables e incluso normales, propiciarían el desarrollo de la economía colombiana, mientras, en paralelo, el volumen y crecimiento de la deuda externa han generado obstáculos en cada uno de estos escenarios, convirtiéndose en un limitante para el avance del país.

a. Inversión

Pattillo et al. (2002) plantean que una economía durante las primeras fases de desarrollo dispone de reducidas masas de capital, pero ofrece atractivas y rentables oportunidades de inversión. Por lo tanto, si la inversión pública y extranjera son incentivadas en la economía colombiana, se impulsará el desarrollo económico mediante la generación de empleo y aumento de la productividad, como resultado de la inversión interna del Estado, por ejemplo, en la construcción de infraestructuras favorables y aprovechables para la población.

Asimismo, potenciar la inversión extranjera en el país posibilita el financiamiento de las empresas a través de la afluencia de capitales extranjeros, lo cual dinamiza el comercio y contribuye al incremento de la competitividad.

Dada la manifiesta necesidad de inversión que aqueja a Colombia, se constata una deficiencia de capital que obstruye la expansión de las actividades económicas. En consecuencia, si existiera algún factor (como el volumen de la deuda externa) que menoscabara la inversión, el desarrollo de la economía colombiana también se vería limitado y perjudicado.

La teoría económica alusiva al *Debt Overhang*, o el sobreendeudamiento, sugiere que, siempre y cuando, la deuda externa se emplee con fines de inversión, es posible favorecer las condiciones socioeconómicas de un país y, por consiguiente, su economía en desarrollo. No obstante, si el grado de endeudamiento supera el umbral de la capacidad de reembolso o pago del país, la inversión se verá desincentivada.

Según los estudios de Bhattacharya y Clements (2004), si el monto de la deuda externa, conformado por la deuda pública y privada, alcanza un nivel crítico y altamente insostenible, los rendimientos de la inversión sobre la economía nacional se transformarán en “impuestos” para los inversores externos en vista de que, cuanto más se produzca, se buscará que la deuda se salde, lo que implica mayores costos en el presente.

Rubio (2003) refuerza tal planteamiento señalando que

Según esta hipótesis [*Debt Overhang*], los agentes residentes del sector privado y los potenciales inversionistas extranjeros del país deudor ven la deuda externa como un impuesto futuro sobre la rentabilidad del capital, debido a que el gobierno de dicho país tendrá que financiar los pagos del servicio de la deuda incrementando los impuestos futuros. (p. 3)

Consecuentemente, no se motiva a los inversionistas a seguir siendo acreedores de un país al cual le terminarán pagando su deuda; esto sumado a la asunción de un riesgo de impago cuando la nación en cuestión experimente un endeudamiento insostenible. Tal caso desmedraría la calificación crediticia de la nación inhibiendo su acceso al financiamiento externo, o al menos encareciendo dicho acceso. Aunado a lo anterior, este escenario activaría una alerta entre los inversores, quienes cimentarían una barrera de prevención al evaluar sus decisiones de inversión. Otra alternativa consistiría en exigir tasas de interés más altas para compensar el riesgo asociado; así, en la medida en que el riesgo aumenta, también lo hará la expectativa de mayores rendimientos. Sin embargo, el riesgo de impago seguiría presente, lo que complicaría aún más el panorama financiero (PICTET, 2023).

De acuerdo con el periódico El Tiempo, la inversión extranjera directa cayó un 17.4% en el primer trimestre de 2023, como una muestra de la falta de confianza de los inversores internacionales en el país.

Ante un escenario de sobreendeudamiento, el gobierno también modificará su actuar, dado que presentará una menor predisposición a incurrir en erogaciones en el presente, siendo consciente de que los réditos de la inversión pública, reflejados

en un nivel de producto más elevado, serán percibidos por los acreedores externos. Incluso, a fin de saldar la deuda, los recursos no se destinarán a la inversión, lo que puede conducir a un déficit público dado el incremento en el gasto de intereses tras el desbordamiento de la deuda. Además, con el desincentivo en la inversión, se reducen los ingresos tributarios del gobierno para afrontar el costo de la deuda. (Pattillo et al, 2002; Rubio et al., 2003)

b. Cuenta Corriente: déficit y superávit

En el ámbito de la economía, la cuenta corriente hace referencia al registro de las transacciones vinculadas al comercio exterior, incluyendo las entradas (importaciones) y salidas (exportaciones) de bienes y servicios. De este modo, el saldo en la balanza comercial se calcula sustrayendo el valor de las importaciones (egresos incurridos) del monto de las exportaciones (ingresos percibidos). Si el resultado es positivo, se denomina superávit comercial; en caso contrario, se trata de un déficit.

Dadas las particularidades inherentes a cada una de las posibles situaciones económicas, no es deseable que un país alcance y, mucho menos, permanezca en un déficit comercial por varios períodos consecutivos. Si bien el superávit comercial constituye el escenario ideal, conviene subrayar y aclarar las condiciones que dan lugar a una superioridad de las exportaciones sobre las importaciones, y cómo esto puede ser empleado para favorecer el desarrollo económico del país. En concreto, un superávit para un país en desarrollo implica la posibilidad de financiar los gastos de la nación con los ingresos obtenidos de las exportaciones, generando además un excedente favorable. No obstante, si dicho superávit se mantiene como un “ahorro ocioso” no desembolsado en pro de atender necesidades prioritarias que contribuyan a la transformación de una economía encaminada al desarrollo, tampoco resultaría deseable.

En ese sentido, es elemental equilibrar adecuadamente el superávit y la inversión productiva de modo que los recursos generados a través del comercio exterior se canalicen hacia iniciativas que impulsen el desarrollo económico del país.

Desde el año 2001, el Banco de la República ha señalado que Colombia mantiene una marcada tendencia de déficit en cuenta corriente. Pese a ello, un antecedente fáctico señala que, durante la bonanza cafetera de la década de 1970, el país alcanzó un efímero superávit en cuenta corriente, lo que culminó en la solicitud de préstamos foráneos a inicios del siguiente decenio (Cardona-Tobón, 1990).

En el segundo trimestre del 2023, el país registró un déficit que asciende a los 2.525 millones de USD con una disminución del 49% respecto al año 2022.

A la luz de estos datos, se evidencia la permanente dependencia de Colombia en productos importados, una situación que, de forma implícita y en cadena, puede afectar el desarrollo de la economía local porque “en términos generales, la trayectoria de la cuenta corriente guiará la senda temporal de la cuenta de capitales y, por consiguiente, la deuda externa” (Ramirez-Hassan, 2003, p. 71).

Es decir, si la economía colombiana registra déficit en cuenta corriente, debe recurrir al endeudamiento externo para financiarlo; una vez obtenido, se “compensa” el problema, pero surgiría una nueva obligación: saldar la deuda recientemente contraída. La presión que esto impone a la economía desemboca en un círculo vicioso: cuando arriban los momentos de pago, gran parte de los recursos que obtiene la economía de un país, en forma de ingresos tributarios o excedentes generados por la inversión, se destinarán al pago de las cuotas adeudadas.

Más allá de intentar tener superávit en cuenta corriente, si existe una deuda pendiente de por medio, prevalecerá la necesidad de saldarla, ya que la exigibilidad de cobro implica un alto costo de la deuda en términos de intereses.

Como resultado de priorizar el pago de la deuda en lugar de atender las necesidades básicas de la población, la inversión, crucial para el desarrollo, se verá frenada, provocando escasez de recursos y capital. Ante esta situación, el Estado optará por endeudarse internamente para obtener fondos, incrementando así la deuda pública y, por ende, la deuda externa, cada vez más insostenible.

Asimismo, es pertinente considerar el grado de dependencia colombiano respecto a las importaciones, dado que la producción nacional no proporciona gran parte de los

productos que el país demanda. En este contexto, si el Estado incrementa la deuda pública mediante la emisión o circulación de títulos de valor, captará los recursos necesarios para financiar las importaciones, conduciendo nuevamente a un déficit en cuenta corriente y a la necesidad de préstamos externos. “Como el mítico Uróboros, la serpiente que se devora a sí misma, así se encuentra la sociedad del capital atrapado en un ciclo sin fin” (Periódico El siglo de Torreón, 2017).

c. Presupuesto nacional

“El presupuesto es un instrumento de manejo financiero donde se programa y registra el gasto público y su forma de financiación” (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2019). Teóricamente, un presupuesto nacional contiene la planificación estimada de los ingresos corrientes que el gobierno recibirá y la modalidad de gasto para satisfacer las principales necesidades de la población: salud, educación, seguridad, alimentación y justicia.

Aun así, la cuantía de la deuda externa, particularmente el componente de endeudamiento público ejerce gran presión y exigibilidad de pago. Por consiguiente, en el marco de la planeación presupuestal anual, Colombia ha priorizado su obligación financiera en contraste con los conceptos que requieren de fondos para su ejecución y que, además, tienen gran potencial para auspiciar el desarrollo de la economía colombiana.

La siguiente tabla muestra el monto de dinero asignado para el pago de la deuda como porcentaje del presupuesto total aprobado.

Tabla 1. Proporción del monto designado para la deuda externa sobre el presupuesto aprobado (2021-2024)

Año	Presupuesto Aprobado (1)	Monto destinado a Deuda Externa (2)	% Ponderación (2) / (1)
2021	\$ 313,9	\$ 70,4	22,42%
2022	\$ 350	\$ 71,7	20,49%
2023	\$ 422,8	\$ 78	17,62%
2024	\$ 502,6	\$94,5	18,80%

Nota. Elaboración propia a partir de Ministerio de Hacienda y Crédito Público y Departamento de Planeación Nacional.

**Las cifras se expresan en billones de pesos*

A pesar de la disminución de los porcentajes destinados a este fin a lo largo de los años (a excepción de 2024), una fracción significativa del presupuesto nacional se asigna al pago de la deuda externa en función de reducir su volumen. “Esto implica un sacrificio del gasto público que incide en la protección social y la educación; [...] entre más aumente la deuda pública, más dinero del presupuesto se debe destinar para pagarla” (Periódico UNAL, 2020).

De esta manera, se perpetúa un círculo vicioso en clave de un patrón autoperpetuante. Dado que el pago de la deuda externa se ve afectado por la constante devaluación de la moneda local, destinar considerables cantidades de recursos económicos para saldar ese monto reduce los niveles de inversión en áreas realmente prioritarias para la población. Por eso, al carecer de recursos para financiarlas, se recurre nuevamente a la alternativa del endeudamiento interno y externo, lo que conduce a un presupuesto enfocado en el pago de las cuentas adeudadas, descuidando conceptos relevantes para el desarrollo de la economía local, como la educación y el saneamiento básico.

En definitiva, es evidente el papel de la deuda pública y privada en un país en vía de desarrollo como Colombia, que constantemente enfrenta desafíos y problemáticas de índole económica, social y política. La alternativa del endeudamiento, que en un principio parecía la mejor opción, se ha convertido en la más recurrente. Cuando se sobrepasó el umbral

de la capacidad de reembolso, la deuda se convirtió en una bola de nieve que disminuye anualmente y crece en una proporción mayor en el mismo lapso de tiempo. Este fenómeno es producto de la escasez de fondos en la economía, como resultado de la misma deuda que limita, obstaculiza y restringe el progreso económico del país en vez de favorecerlo.

“De hecho, desde la segunda mitad del siglo XX el endeudamiento externo se ha constituido en una de las principales fuentes de financiación para las economías en desarrollo facilitando la ampliación de la capacidad productiva” (Rubio et al., 2003, p. 22). Sin embargo, cuando el país deudor se torna insolvente, su desempeño económico se ve afectado por contextos que, bajo un grado de endeudamiento sostenible, lo favorecerían.

Ante un volumen elevado y un crecimiento marcado de la deuda externa, diversos aspectos de la economía son atacados, incidiendo negativamente en la inversión, el saldo en cuenta corriente y el presupuesto nacional.

5. Conclusión

En síntesis, la deuda externa es un claro ejemplo de un círculo vicioso representado por el ciclo eterno de Uróboros. Desincentivando la inversión, el endeudamiento público y privado no se han generado grandes beneficios a favor del desarrollo del país. Por el contrario, no ha dejado de languidecer la administración de los fondos y recursos necesarios para financiar proyectos de inversión favorables para la sociedad en términos de infraestructura, educación y salud. Así pues, ante la carencia de estos recursos, se opta por más endeudamiento para compensar el déficit provocado, por ejemplo, por la supremacía de los productos importados sobre los exportados.

“Una vez alcanzado un nivel de adeudo considerable, surge la preocupación de cómo saldar el pasivo y cumplir con el compromiso adquirido para no afectar la calificación de riesgo crediticio internacional del país (actualmente BB+, con perspectiva estable) y evitar que ninguna nación o ente financiero externo renuncie a ser acreedor de Colombia. Como consecuencia, en el presupuesto nacional se descuidan las actividades que propician el desarrollo de la economía a fin de priorizar la apremiante deuda que tan solo ha impuesto obstáculos sobre los procesos de transformación económica

proyectados a largo plazo en el país porque “ha incrementado los índices de pobreza [...] y enfermedades por falta de servicios médicos básicos, y ha disminuido la inversión en programas para la atención a los más vulnerables” (Gómez y García, 2007, p. 126).

En virtud de lo expuesto, es imperativo que países en vía de desarrollo, como Colombia, implementen estrategias y planes de acciones efectivos para gestionar y controlar el volumen y crecimiento de su deuda externa, para prevenir los efectos nocivos en su desarrollo económico y social, e incluso, en las finanzas públicas de la nación.

Al cierre de marzo de 2024, la deuda externa colombiana asciende a \$196.280 millones de USD. Por lo tanto, cabe preguntarse, ¿saldar el endeudamiento se justifica a costa de sacrificar el desarrollo de la economía colombiana?

Referencias

1. ¿Qué consecuencias trae que la deuda externa alcance un máximo histórico? (2020, noviembre 20). *Periódico UNAL*. <https://periodico.unal.edu.co/articulos/que-consecuencias-trae-que-la-deuda-externa-alcance-un-maximo-historico/>
2. Arenales, J. (2023, mayo 23). El Índice de Pobreza Multidimensional del Dane cayó a 12,9% durante el año pasado. *La República*. <https://www.google.com/amp/s/amp.larepublica.co/economia/indice-depobreza-multidimensional-de-2022-cayo-a-12-9-3620888>
3. Avella, M. (2004). Antecedentes históricos de la deuda externa colombiana. de la paz británica a la paz americana. *Revista de Economía Institucional*, 6(11), 157-209.
4. Banco de la República de Colombia. (2023). *Deuda Externa Bruta*. <https://www.banrep.gov.co/es/glosario/deuda-externa-bruta>
5. Banco de la República de Colombia. (2024). *Deuda Externa de Colombia*. https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/paginas/bdeudax_t.pdf
6. Bhattacharya, R. y Clements, B. (2004). Cómo se calculan los beneficios del alivio de la deuda. *Finanzas & Desarrollo* 41(4), 48-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3700456>

7. Cardona-Tobón, M. (1990). *La deuda externa colombiana*. Universidad Católica de Pereira. Facultad de Economía Industrial.
8. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2024, abril 19). *Pobreza multidimensional en Colombia*. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PM/bol-PMultidimensional-2023.pdf>
9. Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2021, octubre 29). *Aprueban Presupuesto General de la Nación por \$350 billones de pesos*. https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/aprueban-presupuestogeneral-de-la-nacion-por-350-billones-de-pesos.aspx
10. El Uróboros de la crisis económica (2017, mayo 4). *El Siglo de Torreón*. <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/2017/el-uroboros-de-la-tesis-economica.html>
11. Gamboa, L. (2017). La Deuda Externa Latinoamericana: algunas propuestas de solución. *Revista Estudios*, (8), 50–65.
12. García, C. (2023, junio 6). Cae la inversión extranjera, a marzo llegaron US\$ 530 millones menos que un año atrás. *EL TIEMPO*. <https://www.google.com/amp/s/www.eltiempo.com/amp/economia/sectores/inversion-extranjera-en-colombia-cae-en-el-primer-trimestre-del-2023-774149>
13. Gómez, B. y García, L. (2007). La deuda externa y territorial en Colombia: Evolución, impacto y análisis de la situación actual. *Diálogos De Saberes*, (26), 117–143. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/dialogos/article/view/2071>
14. Grupo Banco Mundial. (2021, marzo 19). Deuda. <https://www.bancomundial.org/es/topic/debt/overview>
15. International Monetary Fund [IFM]. (2020). World Economic Outlook Database—WEO Groups and Aggregates Information. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2020/01/weodata/groups.htm>
16. Labrunée, M. E. (2018). *El crecimiento y el desarrollo. Unidad 3: principales indicadores económicos*. <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/2883/1/labrunee-2018.pdf>
17. Marichal, C. (1988) *Historia de la deuda externa de América Latina*. Alianza Editorial.

18. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2019). *Presupuesto General de la Nación*. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/portal/EntOrdenNacional/pages_presupuestogralnacion
19. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2022). *Aprueban Presupuesto General de la Nación por \$405,6 billones*. [Comunicado de Prensa]. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=%2FConexionContent%2FWCC_CLUSTER204474%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased
20. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2023, octubre 18). *Congreso de la República aprueba Presupuesto General de la Nación*. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/portal/SaladePrensa/pages_DetalleNoticia?documentId=WCC_CLUSTER-231097
21. Pattillo, C., Poirson, H. & Ricci, L. (2002). La deuda externa y el crecimiento. *Finanzas & Desarrollo*, 39(2), 32-35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3700684>
22. PICTET. (2023). ¿Qué es la deuda externa de un país y cómo afecta a los inversores? <https://am.pictet.com/pictetparati/guia-de-finanzas/2023/deuda-externa-pais-como-afecta-inversores#:~:text=Una%20alta%20deuda%20externa%20puede,deuda%20provoque%20una%20crisis%20econ%C3%B3mica>
23. Ramírez-Hassan, A. (s.f.). Una panorámica sobre la evolución de la deuda externa colombiana ¡Juegos Ponzi! ¿Hasta cuándo? *Ensayos de Economía*, 13(23), 70-93. https://www.researchgate.net/publication/254399925_Una_panoramica_sobre_la_evolucion_de_la_deuda_externa_colombiana_Juegos_Ponzi_Hasta_cuando
24. Rubio, O., Ojeda, J. & Montes, E. (2003). DEUDA EXTERNA, INVERSIÓN Y CRECIMIENTO EN COLOMBIA, 1970-2002. *Banco de la República, Subgerencia de Estudios Económicos, Departamento Técnico y de Información Económica*, 1-41. <https://core.ac.uk/download/pdf/198206598.pdf>
25. Sassenfeld, H. (2003). Nuevas Estrategias para la Reducción de la Deuda - El debate en Latinoamérica. *Dialogue in Globalización*, 1-8. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/argentinien/50179.pdf>

26. Valcárcel, M. (2006). *Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre el desarrollo*. [Documento de investigación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://www.uv.mx/mie/files/2012/10/SESSION-6-Marcel-Valcarcel-Desarrollo-Sesion6.pdf>
27. Vence, A. (2018). Argentina entre Nueva York y Londres, el financiamiento externo durante la primera guerra mundial. *América Latina en la Historia Económica*, 26(1), 119-142.





Revista de Estudiantes de Economía / Número 8 / Enero-diciembre 2024

INTERCAMBIO

Condiciones para la implementación de una CBDC en Colombia y su impacto positivo dentro del Sistema Monetario Internacional

**The conditions for the
implementation of a CBDC
in Colombia and it's positive
impact within the International
Monetary System**

.....
Samuel Gómez Gil

E-ISSN 2619-6131



Condiciones para la implementación de una CBDC en Colombia y su impacto positivo dentro del Sistema Monetario Internacional*

The conditions for the implementation of a CBDC in Colombia and it's positive impact within the International Monetary System

Samuel Gómez Gil**

Resumen

Este documento tiene como propósito estudiar aspectos necesarios que se deben considerar en la implementación de una moneda digital del Banco Central (CBDC) en Colombia, y el efecto que traería para el país en el marco del Sistema Monetario Internacional. Se hace una revisión general del entorno del sistema financiero en términos de estabilidad y credibilidad; y del sistema de pagos minorista colombiano. Bajo este contexto, se plantean elementos característicos que deben contemplarse en el diseño de la CBDC: su arquitectura, tasa de interés, nivel



Intercamb. Rev. Estud.
Economía. N° 8
Enero-diciembre 2024
127 pp.
E-ISSN 2619-6131
pp. 56-88

* **Artículo recibido:** 26 de noviembre de 2023 | **aceptado:** 10 de diciembre de 2024 | **modificado:** 18 de febrero de 2025

** Estudiante de Economía de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Correo electrónico: samgomezgi@unal.edu.co

de privacidad y límite de tenencia. Por último, se estudian los beneficios que podría traer una CBDC desde la mejora en los pagos transfronterizos, y la posición que le daría al país a nivel internacional.

Palabras clave: CBDC, moneda digital, sistema financiero, sistema de pagos, sistema monetario internacional, pagos transfronterizos.

Clasificación JEL: E42, E52, F33.

Abstract

In this document are studied the necessary aspects that must be considered in the implementation of a Central Bank Digital Currency (CBDC) for Colombia, and the effect it would have on the country within the framework of the International Monetary System. It is made a general review of the financial system environment in terms of stability and credibility; and also a general review about the Colombian retail payment system. In this context, the elements that must be considered in the design of the CBDC are proposed: its architecture, interest rate, level of privacy and holding limit. Finally, there are exposed the benefits that a CBDC could bring from the improvement in cross-border payments, and the position it would give to the country at an international level.

Keywords: CBDC, digital currency, financial system, payment system, international monetary system, cross-border payments.

JEL classification: E42, E52, F33.

1. Introducción

En la actualidad, el uso y la interconexión a los medios digitales está cada vez más presente en la cotidianidad de las personas. Esto también se manifiesta en el dinero y el sistema de pagos, que siempre se han adaptado históricamente de acuerdo a su contexto. En particular, se han integrado muy bien a los avances tecnológicos que han ocurrido hasta el presente.

El efectivo es prescindible en muchos lugares por esta misma razón, siendo posible pagar con tarjeta (crédito o débito), a través de transferencias con dispositivos

móviles, o por medio de las distintas formas que ofrece la tecnología NFC (Near Field Communication). En muchos países desarrollados el uso del dinero físico es poco común, incluso no siendo aceptado en muchos establecimientos de comercio. Bajo estas condiciones de cambio tecnológico, las criptomonedas se han posicionado fuertemente como medio de pago en la actualidad, ampliando lo que se concibe por dinero.

Las criptomonedas son un tipo de moneda digital que hace uso de criptografía para garantizar la seguridad de las transacciones y la creación de nuevas unidades, y son gestionadas por una red de computadores descentralizada. Han jugado un papel muy relevante en el sistema financiero internacional, pues estas al igual que el internet, no conocen fronteras. Sin embargo, estas formas de dinero tienen un problema: en teoría no hay una entidad que las respalde o regule, ni está claro a quien concierne su vigilancia.

Es así, natural ante la coyuntura actual el surgimiento de la Moneda Digital del Banco Central (CBDC por sus siglas en inglés), como una idea que ha tenido cada vez más peso entre las economías internacionales. En esencia, una CBDC es un activo digital que funciona como un medio de pago, tal y como las criptomonedas, pero a diferencia de estas u otros instrumentos de pago (tarjetas de crédito o débito, billeteras digitales, entre otros), una CBDC representa un derecho directo a un Banco Central, en lugar de ser responsabilidad de una institución financiera privada. Estas monedas digitales no cuentan con el problema mencionado anteriormente, pues su gestión y respaldo concierne al Banco Central del país en el que se emitan. Por último, cabe aclarar que una CBDC puede ser minorista o mayorista, dependiendo del grupo objetivo al que esté dirigido su uso. Si el propósito de la CBDC es que se use por hogares y firmas para las transacciones cotidianas, la CBDC es minorista; mientras que si se espera el uso de la CBDC para transacciones entre bancos e instituciones financieras, se trata de una CBDC mayorista.

La República Popular China ha sido recientemente una de las grandes economías internacionales que ha puesto en práctica su ejecución. También, se puede encontrar que el Sistema de la Reserva Federal (FED), o el Banco Central Europeo (BCE) han estudiado bastante este proyecto.

No obstante, esto no concierne únicamente a países desarrollados. Se ha encontrado como muchas economías emergentes han mostrado interés en las CBDC, y han estado activas en la investigación de este proyecto (Kosse y Mattei, 2023). Colombia es uno de los países que ha estudiado la implementación de una CBDC, o al menos así se evidencia en los resultados de la encuesta hecha por el Banco de Pagos Internacionales en 2022 hacia 86 bancos centrales sobre su interés en desarrollar una CBDC (ibid). Las motivaciones bajo las cuales estas economías presentan intereses para la adopción de esta moneda digital son diversas, aunque todas muestran tener un grado de relevancia similar para todos estos países. Entre estas podemos encontrar: i) ofrecer un medio de pago digital similar al dinero en efectivo, ii) ampliar el sistema de pagos, iii) ofrecer mayor eficiencia de los servicios financieros, iv) hacer uso de esta moneda como herramienta para hacer política monetaria, entre otras. (Chen et al., 2022). En ese sentido, este trabajo busca reconocer las condiciones que debe tener en cuenta Colombia para implementar correctamente una CBDC minorista; a la par que se muestra su posible impacto, en particular, a nivel internacional.

En este trabajo se expone, en primera instancia, el tipo de entorno en cuanto a estabilidad monetaria y financiera en el que se desarrollaría una CBDC colombiana. Posteriormente, se describe el nivel de desarrollo del sistema de pagos del país en el que estaría enmarcada la introducción de una CBDC minorista. Una vez explicados estos apartados, se realiza un análisis de los aspectos fundamentales en el diseño de la CBDC, los cuales son 1) la arquitectura técnica que se usará para el peso digital; 2) la tasa de interés que contendrá la moneda digital; 3) el nivel de privacidad que tendrán los usuarios con su uso; y 4) el límite que haya en su tenencia. Finalmente, se abordarán los beneficios que podrían obtenerse de la implementación de una CBDC para Colombia en el marco del Sistema Monetario Internacional.

2. Contexto del sistema financiero colombiano y de su sistema de pagos

Para la introducción de una CBDC dentro de la estructura monetaria en Colombia, es necesario observar el sistema financiero del país, así comprender el entorno bajo el que se implementaría esta moneda digital. Por esta razón, en esta sección se propone

hacer un breve análisis acerca de la credibilidad y estabilidad del sistema financiero colombiano, y adicionalmente observar el panorama de los pagos de bajo valor en el país. Esto, a través de la revisión de 1) la inflación histórica del país en contraste a otras economías; 2) elementos que constituyen el manejo de la inflación, y en general, de la política monetaria; 3) el ejercicio de política macroprudencial y, por último; 4) el sistema de pagos.

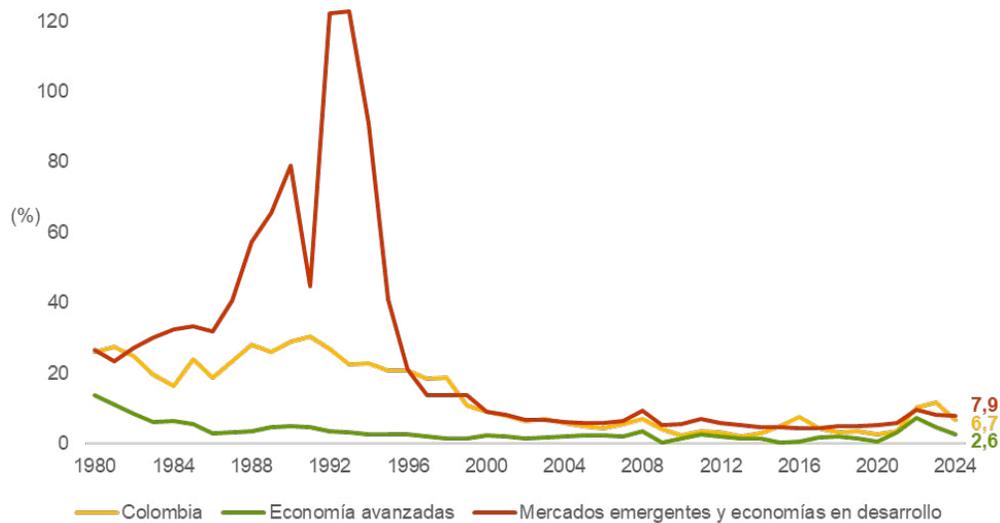
2.1. Inflación histórica del país y su contraste con otras economías

En primer lugar, en orden de visualizar indicadores que permitan comprender el nivel de credibilidad y estabilidad que existe en el sistema financiero en Colombia, se contemplan los niveles de inflación en el país y su regulación. En la Figura 1 se encuentra la tasa de inflación histórica en Colombia, en Mercados Emergentes y Economías en Desarrollo, y en Economías Avanzadas (listas del FMI)¹; medida en términos del índice de precios al consumidor.

1. Países correspondientes a la lista del FMI de Mercados Emergentes y Economías en Desarrollo: Afganistán, Albania, Argelia, Angola, Antigua y Barbuda, Argentina, Armenia, Aruba, Azerbaiyán, Bahamas, Bahréin, Bangladesh, Barbados, Bielorrusia, Belice, Benín, Bután, Bolivia, Bosnia y Herzegovina, Botsuana, Brasil, Brunei Darussalam, Bulgaria, Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, Camboya, Camerún, República Centroafricana, Chad, Chile, China, Colombia, Comoras, República Democrática del Congo, República del Congo, Costa Rica, Costa de Marfil, Yibuti, República Dominicana, Ecuador, Egipto, El Salvador, Guinea Ecuatorial, Eritrea, Eswatini, Etiopía, Fiyi, Gabón, Gambia, Georgia, Ghana, Granada, Guatemala, Guinea, Guinea-Bissau, Guyana, Haití, Honduras, Hungría, India, Indonesia, Irán, Irak, Jamaica, Jordania, Kazajstán, Kenia, Kiribati, Kosovo, Kuwait, República Kirguisa República Democrática Popular, Lao, Líbano, Lesoto, Liberia, Libia, Madagascar, Malauí, Malasia, Maldivas, Malí, Islas Marshall, Mauritania, México, Micronesia, Moldavia, Mongolia, Montenegro, Marruecos, Mozambique, Myanmar, Namibia, Nauru, Nepal, Nicaragua, Nigeria, Macedonia del Norte, Omán, Pakistán, Palau, Panamá, Papúa, Nueva Guinea, Paraguay, Perú, Filipinas, Polonia, Qatar, Rumania, Rusia, Ruanda, Samoa, Santo Tomé y Príncipe, Arabia Saudita, Senegal, Serbia, Seychelles, Sierra Leona, Islas Salomón, Somalia, Sudáfrica Sudán, del Sur, Sri Lanka, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Sudán, Surinam, Siria, Tayikistán, Tanzania, Tailandia, Timor Oriental, Togo, Tonga, Trinidad y Tobago, Túnez, Turquía, Turkmenistán, Tuvalu, Uganda, Ucrania Emiratos, Árabes Unidos, Uruguay, Uzbekistán, Vanuatu, Venezuela, Vietnam, Cisjordania, Gaza, Yemen, Zambia y Zimbabue.

Países correspondientes a la lista del FMI de Economías Avanzadas: Andorra, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Croacia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, RAE de Hong Kong, Islandia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Corea, Letonia, Lituania, Luxemburgo, RAE de Macao, Malta, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, Puerto Rico, San Marino, Singapur, República Eslovaca, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Provincia, china de Taiwán, Reino Unido, Estados Unidos.

Figura 1. Tasa de inflación histórica (índice del precio al consumidor – cambio porcentual anual), de Colombia, Economías Emergentes y Economías Avanzadas, desde 1980.



Fuente: Elaboración propia con datos del FMI (2024a)

Colombia, aunque tuvo una tasa de inflación alrededor del 20% entre los años 80 y finales de los 90, no sufrió fenómenos de hiperinflación como sí lo vivieron muchas otras economías emergentes en la segunda mitad del siglo XX (sobre todo en Latinoamérica). Se observa que logró un proceso de reducción de la inflación que duró varios años desde 1991, manteniendo la inflación en un dígito desde el 2000 (a excepción de 2022 y 2023). También, se alcanzó tendencialmente niveles de inflación por debajo de las Economías Emergentes, aunque siempre un poco por encima de las Economías Avanzadas.

2.2. Elementos que constituyen el manejo de la inflación, y en general, de la política monetaria

Lo conseguido en términos de inflación por Colombia no es simple casualidad, desde los 90 se han efectuado prácticas para el manejo de la inflación. Desde 1991, el Banco de la República es el responsable explícitamente de mantener un nivel de inflación bajo como objetivo de política monetaria; por ello, se le otorgó la independencia técnica y operativa necesaria para lograrlo (Gómez et al., 2023). Para 2002, el Banco había establecido una

meta de inflación del 3% en el largo plazo, la cual reiteró en 2010; y el proceso de reducción gradual de la inflación estaba a la orden del día, como se observa en la Figura 1.

Por otro lado, el objetivo de inflación no fue lo único implementado en el marco de reglas de política monetaria. A inicios de los 2000, el Banco de la República trabajó en 1) un procedimiento operativo con visión al futuro, 2) una estrategia de transparencia, y 3) la responsabilización de varios aspectos que conciernen al trabajo del Banco Central. Así, se conformó la implementación de un régimen objetivo de inflación a comienzos de siglo (Gómez et al., 2023).

El primero trata de un modelo de proyección de inflación, para hacer una trayectoria de política de tasas de interés consistente, y para la construcción y análisis de escenarios. El modelo de mecanismos de transmisión en Colombia se introdujo en los 2000 como este modelo de inflación prospectivo, y ha venido evolucionando a través de los años (Gómez et al., 2023). Además, también se introdujo el modelo Patacon, un modelo de equilibrio general estocástico y dinámico. En particular, el modelo Patacon ha sido usado desde hace más de una década como principal herramienta del Banco de la República para pronósticos de mediano y largo plazo de inflación y crecimiento económico (Banco de la República, 2017; Banco de la República, 2025). Es usado para sintetizar y facilitar la interpretación de series macroeconómicas, para realizar ejercicios de simulación de choques, como herramienta de diseño de política monetaria, o para hacer pronósticos (Banco de la República, 2017).

Este es un modelo de tipo neokeynesiano, el cual está “ajustado a una economía pequeña y abierta que incluye un conjunto de rigideces nominales y reales” (Banco de la República, 2017). Adicional a lo anterior, el Patacon captura varias circunstancias económicas específicas de Colombia, que se ven reflejadas en su estructura productiva y en choques exógenos que afectan los ciclos económicos (Banco de la República, 2017; Gonzales et al., 2011). Algunos elementos que captura el modelo de la economía colombiana son la influencia de los mercados de capitales mundiales por ser un prestatario internacional neto; el impacto de la demanda externa vía exportaciones; la importancia que tienen los precios internacionales sobre el PIB y la inflación; entre otros (González et al., 2011).

Por su parte, en cuanto a dar cumplimiento con la transparencia y rendición de cuentas, se ha usado una gama amplia de instrumentos de comunicación al público para la justificación de decisiones de política monetaria. Entre ellos, los comunicados y ruedas de prensa que se hacen inmediatamente después de las reuniones de la Junta Directiva del Banco; las minutas que se hacen de la reunión describiendo las posturas generales de los miembros; el Informe de Política Monetaria el cual es el instrumento técnico más completo; y adicionalmente, la Junta Directiva del Banco de la República rinde cuentas al congreso con un informe de gestión que realiza dos veces al año (Banco de la República, 2024a). Toda esta rendición de cuentas se realiza en el marco del régimen de inflación objetivo, la estabilidad de precios, y en general, en el ejercicio de sus distintas funciones. Con ello cumple el objetivo de estar informando al país sobre su estado actual, sus posturas y decisiones políticas, sus estados financieros, la gestión de reservas internacionales, y demás factores que conciernen a su administración.

En cuanto a política exterior, Colombia tiene un régimen cambiario flexible, lo que reduce la volatilidad de los flujos de capitales, la inflación, y en general de la actividad económica ante choques externos. La decisión del Banco de la República de haber adoptado un régimen cambiario flexible está en línea con el régimen de inflación objetivo. Esto, por un lado, en tanto permite usar la tasa de interés de forma independiente como instrumento para llevar la inflación a su meta; y, por otro lado, para intervenir en el mercado de divisas sin buscar fijar la tasa de cambio, sino para apoyar la estrategia de inflación objetivo (Banco de la República, 2024b).

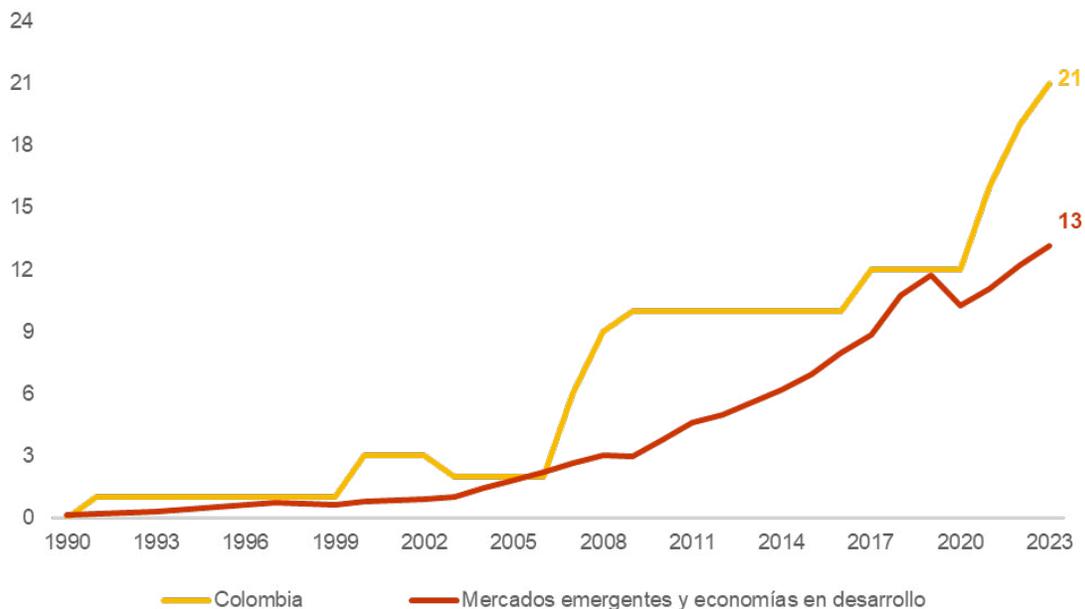
2.3. Ejercicio de política macroprudencial

Las políticas o regulaciones macroprudenciales buscan proteger el sistema financiero, conteniendo las crisis y mitigando sus riesgos y costos. En Colombia sobre los 2000, comenzó a darse una adopción más intensificada de estas medidas. Fue uno de los primeros países en crear una institución como el Comité de Coordinación y Vigilancia del Sistema Financiero, en el cual se discuten medidas de política macroprudencial por las cuatro instituciones encargadas de estas (Ministerio de Hacienda, Fondo de

Garantías de Instituciones Financieras, Superintendencia Financiera de Colombia y el Banco de la República) (Gómez et al., 2023).

En la Figura 2 se hace uso de un indicador de acción política, que muestra el número acumulado de políticas macroprudenciales adoptadas históricamente desde 1990 en Colombia, respecto a otras economías emergentes (las economías que se encontraban en la base de datos y hacían parte de la lista de Mercados Emergentes y Economías Emergentes del FMI). Este indicador se puede encontrar a través de los resultados de la base de datos de Política Macropudencial Integrada (iMaPP) del FMI (2024b).

Figura 2. Acumulado del número de políticas macroprudenciales hechas en los últimos 30 años de Colombia y Economías emergentes



Fuente: Elaboración propia con datos del FMI (2024b)

Lo primero que se hace claro con estos datos, es que Colombia está por encima en la ejecución de políticas macroprudenciales, en contraste a las realizadas por Economías Emergentes. Más aún, Colombia destaca por haber dado más importancia a la adopción de medidas macroprudenciales que muchas economías a comienzos

de siglo. Esto se hace más notorio entre los años 2005 y 2010. Aunque haya habido una convergencia en la elaboración de políticas de este carácter entre otros mercados emergentes y el de Colombia, este último ha demostrado estar siempre por encima.

En el Borradores de Economía no. 1238 (Gómez et al. 2023), se destaca que Colombia ha tomado un número de medidas considerablemente altas en cuanto a riesgos de liquidez y tipo de cambio, así como en cuanto a riesgos asumidos por los hogares. Aunque ha hecho un número de medidas bajo para los intermediarios financieros corporativos y no bancarios.

Al observar con detenimiento la base de datos del FMI (2024b): Integrated Macroprudential Policy (iMaPP), es posible encontrar que Colombia ha aplicado medidas macroprudenciales que pueden ser especialmente relevantes en la implementación de una moneda digital del banco central. Entre ellas, requisitos para que los bancos mantengan un colchón de conservación de capital, o medidas de capital que incluyen ponderaciones de riesgo, colchones de riesgo sistémico y requisitos mínimos de capital. También, medidas adoptadas para mitigar los riesgos sistémicos de liquidez y financiamiento, como requisitos mínimos para coeficientes de cobertura de liquidez, coeficientes de activos líquidos, y otros. O de igual manera, medidas para mitigar riesgos de las instituciones financieras sistémicamente importantes (SIFI) globales y nacionales, que incluyen recargos de capital y liquidez. Más adelante se observará mejor el porque de la importancia de este tipo de medidas para la CBDC.

En cuanto a lo útiles que han sido las medidas macroprudenciales ejecutadas en el país, Gómez et al. (2020), evalúa la efectividad de algunas de estas políticas, encontrando que lograron estabilizar ciclos crediticios y reducir la toma de riesgos, resultando de esta manera eficaces. De igual manera, Vargas et al. (2017) encuentra evidencia de que las medidas macroprudenciales en Colombia han logrado prevenir la acumulación de riesgos financieros, han suavizado los ciclos crediticios, y han mejorado la solvencia y liquidez del sistema financiero.

En total, el Banco Central ha ejercido un papel fundamental en el sistema financiero, garantizando estabilidad y confianza dentro del sistema, y una inflación baja. Esto, por medio de reglas de política monetaria, con el cumplimiento relativo de

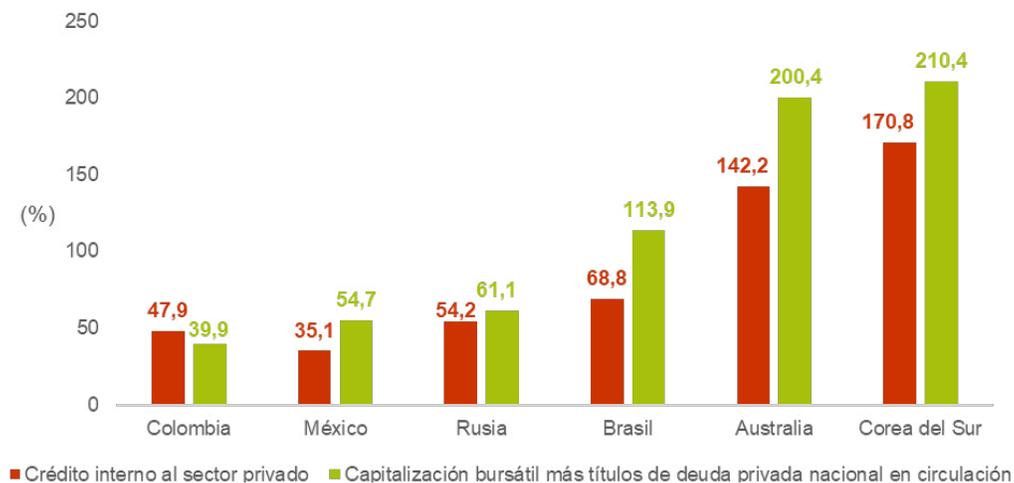
varios de sus objetivos, teniendo un manejo coherente de política en orden al contexto nacional e internacional, entre otros.

2.4. Profundidad financiera

Hacer una lectura de profundidad financiera permite observar el sector financiero del país en relación con su economía. Es el tamaño y alcance de los bancos, otras instituciones financieras, y los mercados financieros del país en conjunto; comparados con una medida de producción económica (Banco Mundial, 2016).

En Colombia, de acuerdo con Asobancaria (2024), ha habido un aumento significativo en la profundización financiera, “de tal forma que el nivel de 2020 (55,4%) fue casi cinco veces el de 1970 (11,6%)” (ibid, p.4). Para la presente sección se recolectan datos de crédito interno al sector privado respecto al PIB y de capitalización bursátil más títulos de deuda privada nacional en circulación respecto al PIB, pues con estos se puede capturar la profundidad de las instituciones financieras y de los mercados financieros respectivamente (Martin Čihák et al., 2012). Así, en la Figura 3 se visualiza la profundidad financiera del país desde estos dos aspectos, comparándolo con otros países.

Figura 3. Crédito interno al sector privado y capitalización bursátil más títulos de deuda privada nacional en circulación (% del PIB).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022; 2025).

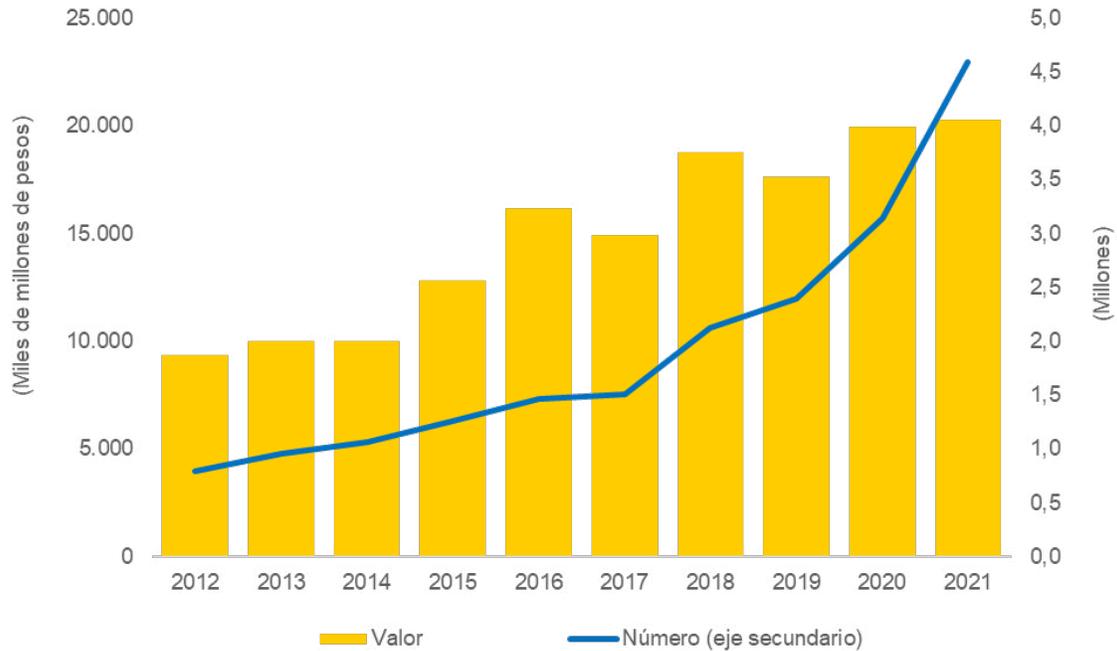
Si bien la profundidad financiera del país ha incrementado significativamente a través de los años, llega a quedarse atrás al compararse con otros países, incluyendo pares regionales. Asobancaria (2024), documenta que el país tiene un margen bastante amplio para que la profundidad financiera siga aumentando, con un nivel óptimo cercano al 65% para no amenazar el crecimiento económico.

2.5. Sistema de pagos

En Colombia, en cuanto a los pagos minoristas, el efectivo es el instrumento más ampliamente utilizado. El reporte de la Infraestructura Financiera del Banco de la República (2022a), da prueba de ello a través de los resultados de la encuesta del Banrep del 2022. Aunque es cierto que la preferencia en su uso disminuyó considerablemente desde 2019, pasando de ser preferido por un 87% de los encuestados, a un 75%. Esto último da muestra de que los pagos electrónicos han aumentado, lo cual ha sido un fenómeno atribuido sobre todo a la pandemia. Más de la mitad de las personas que presentaron la encuesta del Banrep, reconocen que dejaron de usar tanto dinero en efectivo en el presente respecto a antes de la pandemia (Banco de la República, 2022b).

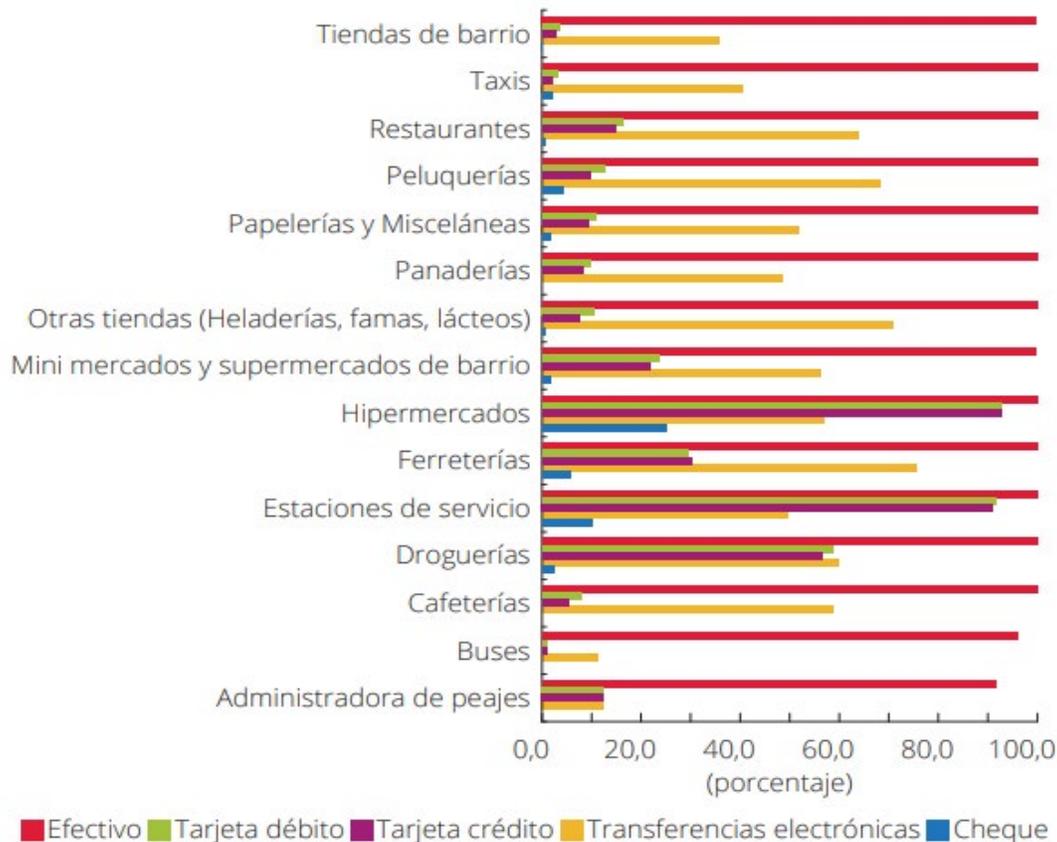
Las transferencias electrónicas (los botones de pagos, pagos inmediatos y billeteras móviles) son el instrumento que más ha dado muestra de lo anterior. En el reporte del Banrep (2022a), se expone que este fue el segundo medio de pago más utilizado, pasando de ser preferido por un 3% de los encuestados en 2019, a un 15% en el 2022. En la Figura 3, se evidencia que el número de operaciones realizadas a través de transferencias electrónicas aumentó entre 2019 y 2021; y de igual forma en la Figura 4 se evidencia que las transferencias también han generado mucho movimiento en los últimos años en términos de valor; empezando estos aumentos importantes desde 2015.

Figura 4. Transferencias electrónicas por valor (en miles de millones de pesos) y número (en millones), promedio diario



Fuente: Elaboración propia a partir del reporte de la infraestructura financiera del Banrep (2022a)

A su vez, en la actualidad la aceptación de las transferencias electrónicas en distintos comercios se ha vuelto muy significativa, como se observa en la Figura 5. En esta se evidencia como en distintos establecimientos, de no ser por el auge de las transferencias electrónicas, se exigiría prácticamente solo dinero en efectivo. Este es el caso de las tiendas de barrio, los taxis, los restaurantes, peluquerías, papelerías y misceláneas, panaderías, cafeterías y otras tiendas.

Figura 5. Aceptación de instrumentos de pago por canales de comercio

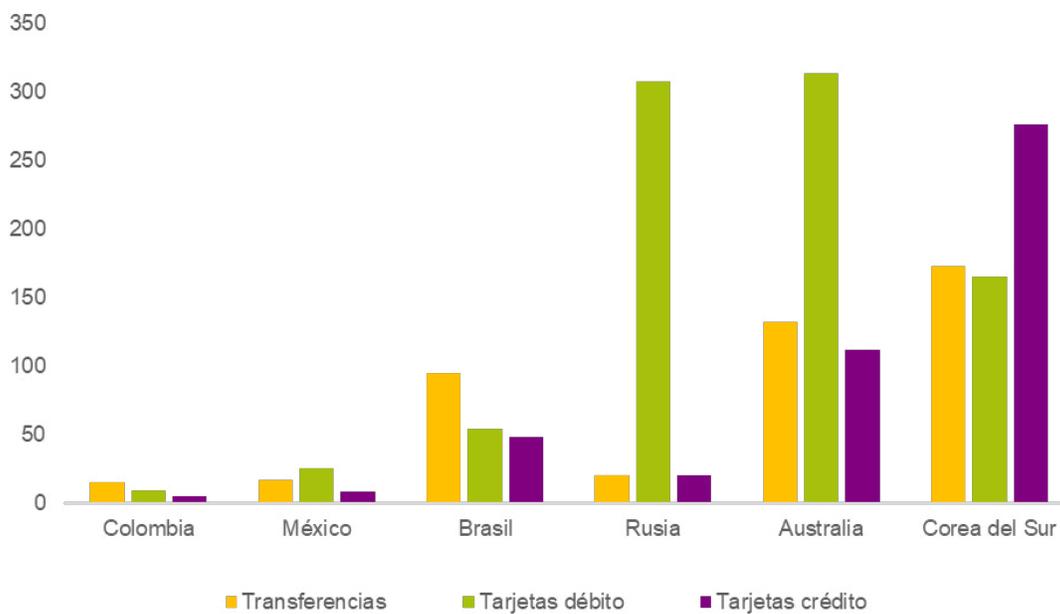
Fuente: Gráfica tomada de Resultados de la encuesta de percepción sobre el uso de los instrumentos, para los pagos habituales en Colombia (p.11), por Banco de la República (2022b)

Las billeteras móviles han tenido un rol esencial para que esto sucediera, el Banrep (2022a) muestra que el valor de sus transacciones presentó un incremento del 224%. En total, el uso de estas billeteras “representó en valor el 0,72% y en número el 35% de las transferencias intrabancarias” (Banrep, 2022a, p.38).

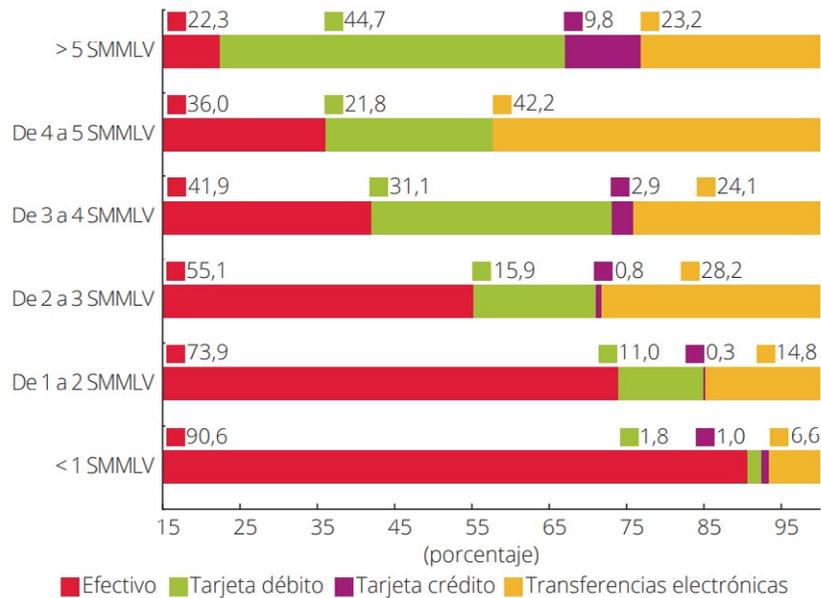
Sin embargo, Colombia sigue presentando una baja utilización de productos financieros; según el Banrep, “el 43,1% de la población no tiene ningún producto financiero” (2022b, p.5). Este hecho también se puede observar en la Figura 6, donde se ve comparativamente que Colombia está entre los países que tienen un menor uso

de transferencias electrónicas, tarjetas débito y tarjetas crédito. Esto se puede explicar parcialmente por la alta correlación existente entre el ingreso de un individuo y el uso de instrumentos de pagos (Banco de la República, 2022a). En la Figura 7 se puede observar cómo los ingresos afectan en mayor o menor medida el uso de un medio de pago, siendo el dinero en efectivo la opción preferida en tanto los ingresos son menores; lo que tiene claras repercusiones en un país que cuenta con una alta cantidad de personas con ingresos bajos o en situación de pobreza.

Figura 6. Número de transacciones per cápita de distintos instrumentos de pago en distintos países



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del reporte del Banrep sobre la infraestructura financiera (2022a)

Figura 7. Instrumento de pago preferido por nivel de ingreso (número de transacciones)

Fuente: Gráfica tomada de Resultados de la encuesta de percepción sobre el uso de los instrumentos, para los pagos habituales en Colombia (p.8), por Banco de la República (2022b)

A su vez, la falta de inclusión financiera y la dependencia del uso de efectivo sobre otros medios de pago se ven influenciadas por la proporción de personas que trabajan de manera informal en el país (Grupo Crédito S.A., 2023). En Colombia, esta proporción según el DANE (2022), representa más del 55% de las personas ocupadas en el país. Otra variable que puede estar impactando en este rezago puede ser la falta de cobertura en el acceso a internet de calidad.

La propia oferta en el servicio de instrumentos de pagos electrónicos genera limitaciones. Por una parte, las transferencias y pagos que se efectúan fuera del servicio de la cámara de compensación automatizada (ACH) no son instantáneos y además presentan una tarifa que varía entre bancos y puede ser costosa (Vargas, 2022). Además, esta única ACH del país que está al servicio del público, ofrece un servicio de pago instantáneo solo para las transferencias de persona a persona, que incluye no más de 11 instituciones financieras (ibid).

Es por esta razón que los esquemas de billeteras electrónicas han tenido tanto impulso en los últimos años, pues los costos de pagos y transferencias pueden resultar mucho menores. No obstante, las transferencias intrabancarias son considerablemente mayores a las transferencias interbancarias, debido a que los oferentes de estas billeteras generan incentivos a los consumidores de pertenecer solamente a una red; generando barreras para la interoperabilidad (Vargas, 2022).

3. Consideraciones necesarias en el diseño de la CBDC para su correcta implementación en el sistema

3.1. Arquitectura de dos niveles

El primer aspecto a tener presente respecta a la emisión, distribución y transferencia de la CBDC en el país. La arquitectura técnica define si la CBDC es directa, indirecta, híbrida o intermedia. Martínez et al. (2023) explican estos diseños muy bien; en la CBDC directa, sobre el Banco Central recaerían todas las responsabilidades mencionadas con anterioridad; mientras que en la CBDC indirecta, la moneda digital es un pasivo de los bancos comerciales con el Banco Central, respaldado por sus reservas en el mismo. Las arquitecturas híbrida e intermedia manejan un esquema de dos niveles, en el que hay una participación conjunta del Banco Central y los bancos comerciales.

El yuan digital (e-CNY) maneja este esquema, y es primordial para una operación eficiente de su moneda digital. En este caso, el primer nivel es el Banco Central (Banco Popular de China – BPoC), encargado de la emisión, las conexiones interinstitucionales, la construcción de una estructura confiable; entre otras labores. El segundo nivel lo constituyen bancos comerciales con fortalezas en capital y tecnología; y otros bancos y entidades comerciales (BPoC, 2021). Este segundo nivel brindaría el servicio de cambio de la moneda y se encargaría de su circulación.

Se considera casi a manera de consenso, que la interacción constante entre el sector público y privado es el mejor caso para una ejecución plena de una CBDC, pues facilita su aceptación, circulación y uso (Auer et al., 2021). No solo es necesario para la

moneda digital en China, sino que también es posible ver que la Junta de Gobernadores de la FED (2022) respecto al proyecto del dólar digital, y que Brunnermeier y Lunda (2022) en su evaluación del euro digital, manifiestan la necesidad de la participación conjunta entre el Banco Central y el sector privado; para facilitar la administración de la CBDC, y la oferta de servicios alrededor de esta.

Así, se recomienda para Colombia un esquema de dos niveles, donde el Banco de la República estuviese encargado de emitir la moneda digital y consolidar la estructura bajo la cual se implementaría, dando total respaldo a la moneda, mientras que los bancos comerciales tendrían la responsabilidad de distribución y convertibilidad. Este esquema se adapta muy bien al contexto colombiano pues, en primer lugar, en su sistema financiero hay suficiente regulación, estabilidad y confianza; lo que ha garantizado un entorno de relaciones estables y fuertes entre las instituciones financieras y el Banco de la República. A su vez, traería consigo beneficios muy acordes al contexto colombiano, pues una CBDC que se ofrezca entre varios oferentes de servicios de pago, reduciría la brecha que hay entre bancos de distintas magnitudes (Vargas, 2022).

3.2. Tasa de interés de la CBDC

Una de las discusiones más importantes a la hora de discutir el diseño de una CBDC, es si ésta devengará intereses o no. Una CBDC con una tasa de interés, aunque sea pequeña, ya genera un atractivo importante. El hecho de que una forma de dinero que está respaldada por el Banco Central tenga esta característica, la hace muy deseable y útil para los agentes, siendo este un incentivo importante para promover la adopción de esta moneda. Esto sería coherente con los intereses del país para promover una mayor inclusión financiera. Adicionalmente, el que la CBDC tenga una tasa de interés sumaría al Banco Central un nuevo instrumento para hacer política monetaria.

Pero se debe ser cuidadoso con el nivel de la tasa de interés de la CBDC. Andolfatto (2020) muestra en un modelo teórico el caso de un banco monopolista frente a la situación de que la CBDC tuviera una tasa de interés por encima de la tasa de política; evidenciando que el banco tendría que igualar sus tasas a la tasa de la CBDC,

reduciendo sus beneficios. Lo descrito anteriormente posibilita comprender que una CBDC con una tasa de interés puede traer riesgos para el sistema financiero y su estabilidad, puesto que afectaría a la banca privada en su facultad de sustituto.

En ese sentido, para una CBDC es necesario adoptar una tasa de interés baja (por debajo de la tasa de política), o hacer que directamente no devengue intereses.

As regards this design aspect, an interest-bearing retail CBDC with a rate set below deposits rate could allow it to satisfy the store of value function better than cash, without causing disintermediation (and, in turn, negative effects on investment and economic activity) and without encouraging its use as a form of investment. (Martínez et al., 2023, p.17)

Aunque esto parece ser suficiente, una corrida bancaria puede suceder por variedad de fenómenos, y una moneda digital de esta naturaleza podría magnificar sus efectos. Como lo muestra Vargas (2022) y la Junta de Gobernadores de la FED (2022), esto es debido a que una CBDC, aun con una tasa de interés baja, puede percibirse como una excelente alternativa a los depósitos bancarios; y en una corrida este carácter sustituto del dinero digital podría tener aún más peso, resultando en una disminución de los depósitos agregados.

Vargas (2022), muestra que usualmente las corridas lo que hacen es desplazar los fondos de un intermediario a otro, o desplazar los fondos de un tipo de depósito a otro. En el primer caso, el rol del Banco Central es hacer que la liquidez excedente de los intermediarios beneficiados fluya hacia aquellos que la necesitan. Y en el segundo caso, se debe garantizar la liquidez de aquellas instituciones que no dependen de los depósitos a los que se desplazó la demanda, o dar financiamiento de largo plazo en caso de requerirlo.

Como se puede observar, en las corridas usualmente no se afectan los depósitos agregados; cómo sí ocurriría en caso de que los fondos se desplazaran hacia la CBDC introducida. Esto traería consigo el aumento en los gastos de financiación bancaria, y la reducción de la disponibilidad de crédito o el aumento en los costos del crédito para los hogares y empresas (Junta de Gobernadores de la FED, 2022).

Luego, la respuesta del Banco Central debe ser el de tener un rol muy activo como prestamista de última instancia; por lo que la entrada de una CBDC en la economía implicaría necesariamente un fortalecimiento del Banco de la República en este aspecto. De la forma en que lo explica Vargas, “for the same reason, on the prudential policy side, the introduction of a CBDC would require an even more watchful eye to ensure that liquidity and capital buffers remain adequate and, consequently, runs on banks have low probability” (2022, p. 55).

Es por este problema también, que se recalca el hecho de mantener una tasa de interés muy baja en la CBDC para minimizar estos riesgos; pues aún para la Junta de Gobernadores de la FED (2022), esta reducción en los depósitos agregados puede ocurrir sin la necesidad de una corrida bancaria.

Se sabe bien que el Banco de la República es una institución que actúa normalmente de manera eficiente, como se estudió con anterioridad; además de que da un manejo adecuado de la liquidez en el sistema financiero, con un papel muy activo y coherente a la hora de su suministro y recogimiento (Cardozo et al., 2011). Pero este nuevo instrumento no debe representar un mayor costo frente al beneficio dentro del sistema, adicionando una nueva preocupación para el Banco. Se podría considerar, para evitar estos problemas, que el peso digital no tuviese una tasa de interés; pero es esta misma característica la que realmente incentivaría la necesaria inclusión financiera en el país. Esta finalmente es una de las metas fundamentales de una CBDC, como bien lo justifica de igual manera el BPoC (2023).

En lo que respecta a efectos sobre la rentabilidad bancaria a través de la oferta de crédito, los riesgos se minimizan mientras que la tasa de interés de la CBDC sea significativamente más baja que la tasa de política. No obstante, en caso de que hubiera un impacto mayor del esperado sobre la rentabilidad del crédito, Vargas (2022) manifiesta que esto sería un riesgo a corto plazo para la solvencia de los bancos comerciales. Pero que si se adaptan y tienen un buen desenvolvimiento, como sucedió con el choque generado por la pandemia; en el largo plazo habría un mayor bienestar, debido a que los bancos tendrían menos poder de mercado, y se incentivaría la competencia.

3.3. Protección de datos y límites en la tenencia de la CBDC

Establecer el nivel de privacidad y la protección de información de los usuarios es otro de los aspectos que más se ha discutido en referencia a la introducción de una moneda digital del Banco Central. Bien lo dicen Martínez et al. (2023):

This requires the design of a specific regulation that will establish the appropriate treatment of the data collected, forbidding data sharing and trading. This regulation must be aligned with the current Data protection Law of Habeas Data (Law 1266 of 2008) that rules all financial transactions in the country. (p.17).

De todas maneras, el nivel de privacidad a otorgar no es tan claro. Desde el Banco Popular de China (2021) se estableció el anonimato para las transacciones de bajo valor, y el rastreo para aquellas de alto valor. Aunque la privacidad es un derecho fundamental de las personas, hay que vigilar que el e-CNY no sea usado para actividades ilícitas.

Brunnermeier, M. Lundau, J (2022), plantean la misma discusión en su evaluación del euro digital. Pero finalmente, justifican que el Banco Central es el único proveedor de servicios de pago que no tiene incentivos para beneficiarse de la explotación de información de sus usuarios. En sí, expresan ser un lugar seguro, y proponen que, en caso de implementarse el euro digital, trabajarían más desde el 'anonimato' que desde la privacidad; es decir, mientras la identidad del usuario no se conozca, pueden observar y registrar sus transacciones.

De forma contraria, la Junta de Gobernadores del FED (2022) expresa directamente que su prioridad es combatir el lavado de dinero, el terrorismo financiero, y demás actividades delictivas. Por ende, consideran apropiado que el intermediario de la CBDC pueda verificar la identidad de las personas que acceden a este servicio.

En Colombia se podría perfectamente trabajar desde el anonimato de los usuarios en su uso del peso digital, validándose de esta manera la protección de datos del usuario y la regulación de la CBDC en su utilización. Sería deseable alcanzar lo logrado por el BPoC (2022): en su sistema para el e-CNY se recopila menos información sobre transacciones que en los sistemas de pagos electrónicos tradicionales, y no

se proporciona información a terceros. Martínez et al. (2023) propone abordar el equilibrio entre privacidad y transparencia ofreciendo billeteras digitales con límites de tenencia bajos, pero con altos niveles de privacidad, y billeteras digitales con límites de tenencia altos con bajos niveles de privacidad. De esta manera el usuario puede elegir lo que considere más conveniente para sí mismo, sin atentar a la privacidad que este quiera, ni a la falta de regulación sobre el uso de un peso digital.

El límite de tenencia o gasto de la moneda digital también es un punto de discusión. Adicional al papel que puede cumplir sobre los niveles de privacidad de los usuarios, puede ayudar a protegerlos de ciberataques a sus saldos y transacciones (Martínez et al., 2023). Más aún, este límite en la tenencia de moneda digital puede ayudar a evitar aún más el reemplazo de los depósitos bancarios por la moneda digital; reduciendo las posibilidades de que una corrida bancaria desemboque en una transferencia masiva de fondos hacia la CBDC, así minimizando los costos que podría producir una reducción de los depósitos agregados en una situación tal.

4. Beneficios de la implementación de una CBDC en Colombia en el contexto internacional

4.1. CBDCs extranjeras y criptomonedas

Desarrollar un sistema de pago eficiente, de bajo valor e interoperable, tal como lo podría ser un peso digital; sería un muy buen frente de batalla contra el posible reemplazo del peso colombiano por la adquisición de futuras CBDCs provenientes de otros países (como bien lo podría ser un dólar o un euro digital), y la adquisición de criptomonedas. Si bien en la actualidad no ocurre ninguna fuga de capitales importante en el país por razones similares, en el futuro es posible que el ciudadano colombiano tenga el acceso y los incentivos suficientes para tener sus reservas de valor en forma de criptomonedas o en forma de una CBDC proveniente de otro país.

En el caso de las criptomonedas, pueden llegar a ser deseables en el contexto colombiano por su carácter de privacidad y anonimidad, ideales para las prácticas ilegales,

por ejemplo. Además, por el desarrollo que han tenido es una opción de pago internacional de fácil acceso, que podría garantizar pagos rápidos y de bajo costo; haciendo de las criptomonedas una gran opción para los pagos por internet. Para el caso de las CBDCs extranjeras, en el escenario en que estas sean desarrolladas por muchos más países y sean accesibles, el ciudadano colombiano podría encontrar factible que su dinero sea respaldado por una divisa fuerte y de gran liquidez a nivel global.

Resulta amenazante una fuga de capitales que tenga su origen en la carencia de productos financieros eficientes dentro del sistema de pagos internacional. Y no se tratan de situaciones alejadas de la realidad. Al observar detenidamente el caso de China, es notorio que uno de los motivos que tuvo más peso a la hora de implementar el e-CNY, fue para combatir el uso de criptomonedas en el país, y lograr una mejor regulación, combatiendo además las prácticas delictivas que permiten estas monedas (BPoC, 2022).

La creación y puesta en marcha de un peso digital se anticiparía eficazmente a estos escenarios problemáticos, que además se verían profundizados por el rezago del sistema de pagos colombiano, y la baja inclusión financiera en el país. Esto aborda, sencillamente, la inclusión financiera por medio de un instrumento de pago seguro y eficiente para mejorar el sistema de pagos en el marco de los avances tecnológicos.

4.2. Pagos internacionales y el Sistema Monetario Internacional

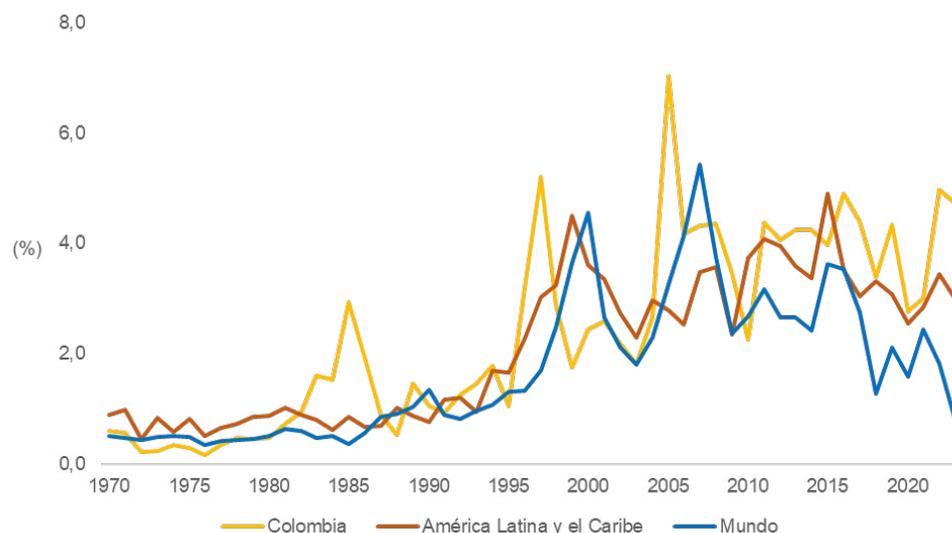
La implementación de una CBDC puede llegar a ser cuanto menos provechosa para el país, en el contexto del Sistema Monetario Internacional. Por su parte, puede resultar siendo una ruta muy factible para volver más eficientes los pagos transfronterizos; teniendo en cuenta lo problemáticos y complejos que pueden ser (BPoC, 2022).

En el contexto internacional, los pagos transfronterizos están efectuándose todo el tiempo, a través de las exportaciones e importaciones, los flujos de capital, las remesas, y demás. Aunque la implementación de una CBDC se ha planteado como un instrumento de pagos minorista, esta implementación eventualmente puede dar paso al uso del peso digital para pagos mayoristas. Y en ese sentido, una CBDC podría representar una mejora en los pagos transfronterizos para Colombia, soportando significativamente las

condiciones bajo las que se celebra el comercio internacional. Esto podría manifestarse en menores costos de transacción en distintos sectores productivos del país, encontrando mayor rentabilidad en el comercio internacional. A su vez, generaría las circunstancias suficientes para comerciar mucho más con otros países, con los cuales es difícil tranzar a través de las monedas nacionales, y es necesaria la intermediación de divisas.

De la misma manera, los flujos de capital podrían tener una mayor sensibilidad ante mejoras de los pagos transfronterizos por medio de una CBDC. En particular, esta mejora sería de gran atractivo para las economías que buscan realizar inversión extranjera directa en un país como el nuestro, facilitando su realización. Esto representaría un importante avance en la búsqueda de IED que ha tenido el país en los últimos años para dinamizar su economía. Para respaldar lo anterior, la Figura 8 presenta la entrada neta de capital en % del PIB por IED. Colombia ha sostenido desde comienzos de siglo una entrada de capital por IED bastante significativa, tendencialmente mayor a las entradas que ha habido en el mundo, y similar a los niveles que se dan en la región. Sería deseable lograr tal mejora expuesta en caso de la ejecución de una CBDC.

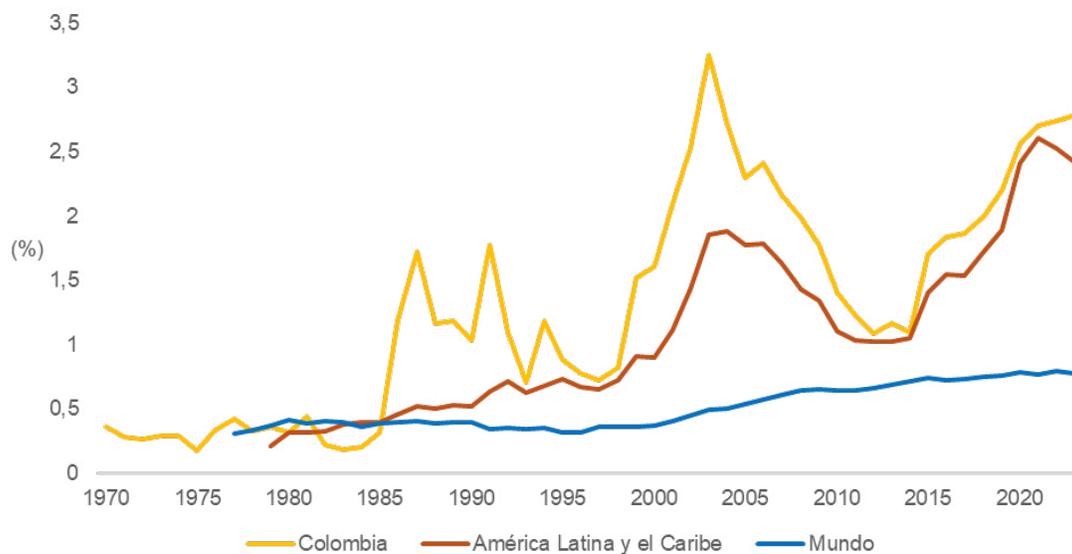
Figura 8. Entradas netas de capital por IED (% del PIB)



Fuente: Elaborado con datos del Banco Mundial (2025a)

Adicionalmente, las remesas en Colombia son una entrada de capital importante. En la Figura 9 se encuentra como las transferencias personales y por compensación de empleados con ingresos del exterior, están siempre por encima de las remesas recibidas en la región, y aún más en el Mundo. Es claro en ese sentido que aún solo con una CBDC minorista, los costos de transacción que tienen estas transferencias seguramente se reducirían considerablemente para los individuos, aunque bien implica mayores costos de regulación para evitar las prácticas ilegales.

Figura 9. Remesas de trabajadores y compensación de empleados recibidas (% del PIB)



Fuente: Elaborado con datos del Banco Mundial (2025b)

En general, dentro del marco del Sistema Monetario Internacional, una CBDC con la facultad de rapidez en el pago y el intercambio a nivel global, no solo genera beneficios en tanto reduce costos de transacción y facilita el ejercicio del comercio, la inversión, y otros aspectos; si no que a su vez tiene el carácter de hacer un mejor proceso de vigilancia y regulación contra el amplio espectro de prácticas ilícitas que atentan contra el bienestar de la población internacional.

Se ha evidenciado dentro de instituciones del Sistema Monetario Internacional, tales como el FMI, un interés destacable por lograr avances en el sistema de pagos transfronterizos, tanto para mejorar la eficiencia, como para mejorar la regulación de las transacciones a nivel global. “Es mucho lo que está en juego. El progreso en los pagos transfronterizos incide en la estabilidad del sistema monetario internacional, en la inclusión financiera y en la eficiencia del comercio y los mercados financieros” (Adrian y Georgieva, 2022). Tanto así que el propio FMI ha presentado la propuesta de desarrollar una plataforma para las CBDCs, y facilitar la interoperabilidad de estas monedas dentro del sistema de pagos internacional. El propio Banco Popular de China, está a la expectativa de responder a las instituciones internacionales con las iniciativas que tengan relacionadas a las monedas digitales de bancos centrales (2022).

Ser parte de los primeros en adoptar este tipo de iniciativas puede ser cuanto menos beneficioso y puede otorgarle al país un reconocimiento importante dentro del Sistema Monetario Internacional, además de salir probablemente muy beneficiado desde un inicio ante los proyectos pensados para mejorar los pagos transfronterizos.

5. Conclusiones

En primer lugar, se destaca el ambiente del sistema financiero colombiano, el cual parece ser bastante propicio para la elaboración de una CBDC. El objetivo del Banco de la República sería mantener ese ambiente de estabilidad, baja inflación y confianza, en el marco de la introducción de una moneda digital de esta naturaleza. El mayor de los problemas que tendría Colombia dado su contexto, sin duda es generar una demanda significativa en el uso del peso digital. El solo hecho de buscar ampliar la utilización de otros instrumentos de pago (en particular instrumentos electrónicos) ha sido un reto dentro del país. El efectivo termina primando siempre. Por esta razón, habría que implementar medidas estratégicas que incentiven la utilización del peso digital, tales como presentar la CBDC a través de billeteras digitales (similares a las billeteras electrónicas que han venido en auge), y que sea intuitivo su uso para los usuarios; o buscando otorgar características deseables en la CBDC como la interoperabilidad, bajos costos, eficiencia, entre otros.

La moneda digital colombiana en su diseño debe consistir en una arquitectura de dos niveles. Los intereses que devengue deben ser muy bajos, pero se considera necesario que devengue intereses para incentivar su uso. Esto implica que el Banco Central debe vigilar cuidadosamente las situaciones de corridas bancarias y otros problemas que se puedan presentar en el sistema financiero; al tiempo que se fortalece en su facultad de prestamista de última instancia. El peso digital debe manejar un correcto equilibrio entre privacidad y vigilancia. Se concluye que la regulación desde el concepto de anonimato es adecuada. Manejar límites en la tenencia o el gasto de esta moneda digital ayudaría con varios de los problemas que se pueden presentar dado el diseño de la CBDC. Entre ellos, reducir los riesgos por corridas bancarias, evitar el reemplazo de instrumentos de pago y de depósito, ser flexible ante las preferencias de privacidad de los usuarios, y minimizar las pérdidas por ciberataques.

Por último, la implementación de un peso digital puede conceder al país varios beneficios en el marco del Sistema Monetario Internacional. En primer lugar, con una CBDC, se podría adoptar una línea de defensa ante el auge que han tenido y seguirán teniendo las criptomonedas a nivel mundial. Siendo así innecesarias ante el peso digital que tentativamente sería un sistema de pago eficiente, de bajo valor e interoperable; dentro un sistema financiero estable y con baja inflación. En segundo lugar, por la importancia que está teniendo en la coyuntura global el progreso del sistema de pagos transfronterizo. Si bien se plantea esencialmente una CBDC minorista a lo largo del texto, este puede ser un primer paso para lograr implementar la moneda digital dentro de un esquema de pago mayorista. Así, eventualmente alcanzando un sistema de pagos transfronterizo eficiente, y que permita una mayor regulación; posibilitando mejorar en el país la situación del comercio exterior, la entrada de capitales por IED, y de igual forma, la entrada de capitales por remesas.

Adicionalmente, dados los intereses considerables que han tenido varias instituciones del Sistema Monetario Internacional, una CBDC podría dejar a Colombia en una muy buena posición a nivel regional, e incluso a nivel internacional; beneficiándose de las iniciativas que tengan instituciones como el FMI, en referencia a estas monedas digitales.

Referencias

1. Adrian, T. y Georgieva, K. (2020). *El despegue de los pagos transfronterizos*. Recuperado de <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2020/10/19/blog-a-leap-forward-on-cross-border-payments>
2. Andolfatto, D. (2020). *Assessing the impact of central bank digital currency on private banks*, Federal Reserve Bank of St Louis Working Paper, (2018-026B). Recuperado de <https://doi.org/10.20955/wp.2018.026>
3. Asobancaria. (2024). *Progresividad de la profundización financiera: un análisis para el caso colombiano*. Recuperado de <https://www.asobancaria.com/2024/09/16/edicion-1442-progresividad-de-la-profundizacion-financiera-un-analisis-para-el-caso-colombiano/>
4. Auer, R. Frost, J. Gambacorta, L. Monnet, C. Rice, T. Song Shin, H. (2021). *Central bank digital currencies: motives, economic implications and the research frontier*. BIS Working Papers, (976). Recuperado de <https://www.bis.org/publ/work976.pdf>
5. Banco de la República de Colombia. (2017). *Recuadro 2: Informe sobre Inflación de marzo de 2017*. Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/recuadro-2-el-modelo-patacon>
6. Banco de la República de Colombia. (2022a). *Reporte de la Infraestructura Financiera 2022*. Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/publicaciones-investigaciones/reporte-infraestructura-financiera/2022>
7. Banco de la República de Colombia. (2022b). *Resultados de la encuesta de percepción sobre el uso de los instrumentos para los pagos habituales en Colombia*. Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/resultados-encuesta-percepcion-sobre-uso-instrumentos-pagos-habituales-colombia-2022>
8. Banco de la República de Colombia. (2024a). *Comunicación de la política monetaria*. Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/politica-monetaria-cambiaria/comunicacion-politica-monetaria>
9. Banco de la República de Colombia. (2024b). *Política de intervención cambiaria*. <https://www.banrep.gov.co/es/politica-monetaria-cambiaria/politica-intervencion-cambiaria>

10. Banco de la República de Colombia (2025). Informe de Política Monetaria - Enero de 2025. Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/publicaciones-investigaciones/informe-politica-monetaria/enero-2025>
11. Banco Mundial. (2016). *Financial Depth*. Recuperado de <https://www.worldbank.org/en/publication/gfdr/gfdr-2016/background/financial-depth>
12. Banco Mundial. (2022). *Global Financial Development*. Recuperado de <https://databank.worldbank.org/source/global-financial-development/>
13. Banco Mundial. (2025a). Crédito interno al sector privado (% del PIB). Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/FS.AST.PRVT.GD.ZS>
14. Banco Mundial. (2025b). *Inversión extranjera directa, entrada neta de capital (% del PIB)*. Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/BX.KLT.DINV.WD.GD.ZS>
15. Banco Mundial. (2025c). *Remesas de trabajadores y compensación de empleados, recibidas (% del PIB)*. Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/BX.TRF.PWKR.DT.GD.ZS>
16. Banco Popular de China. (2022). *E-CNY: main objectives, guiding principles and inclusion considerations*. *CBDCs in emerging market economies*. BIS papers. (123), 45-49. Recuperado de <https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123.htm>
17. Brunnermeier, M. Lundau, J. (2022). *The digital euro: policy implications and perspectives*. Recuperado de [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU\(2022\)703337](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2022)703337)
18. Cardozo, P. Huertas, C. Parra, J. Patiño, L. (2011). Mercado Interbancario Colombiano y Manejo de Liquidez del Banco de la República. Borradores de Economía. (673). <https://www.banrep.gov.co/es/borrador-673>
19. Chen, S. Goel, T. Qiu, H. Shim, I. (2022). *CBDCs in emerging market economies*. *CBDCs in emerging market economies*. BIS papers, (123), 1-23. Recuperado de <https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123.htm>
20. Čihák, Martin, Asli Demirgüç-Kunt, Erik Feyen, and Ross Levine. (2012). *Benchmarking Financial Development Around the World*. Policy Research Working Paper, (6175), World Bank. Recuperado de <https://documentos.bancomundial.org/>

- es/publication/documents-reports/documentdetail/868131468326381955/
benchmarking-financial-systems-around-the-world
21. DANE. (2023). *Empleo informal y seguridad social*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-informal-y-seguridad-social>
 22. FMI. (2023a). *Inflation rate, average consumer prices*. Recuperado de <https://www.imf.org/external/datamapper/PCPIPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD>
 23. FMI. (2023b). *Integrated Macprudential Policy (iMaPP) Database*. Recuperado de <https://www.elibrary-areaer.imf.org/Macroprudential/Pages/iMaPPDatabase.aspx>
 24. Gómez, J. Murcia, A. Cabrera, W. Vargas, H. y Villar, L. (2023). *The monetary and macroprudential policy framework in Colombia in the last 30 years: the lessons learnt and the challenges for the future*. Borradores de Economía, (1238). Recuperado de <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/10651>
 25. Gómez, E. Murcia, A. Lizarazo, A. y Mendoza, J. C. (2019). *Evaluating the Impact of Macprudential Policies on Credit Growth in Colombia*. *Journal of Financial Intermediation*, 42. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jfi.2019.100843>
 26. González, A. Mahadeva, L. Prada, J. D. Rodríguez, D. (2011). *Policy Analysis Tool Applied o Colombian Needs: Patacon*. Borradores de Economía (656). Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/node/149>
 27. Grupo Crédito S.A. (2023). *Inclusión Financiera e Informalidad 2023*. Credicorp. Recuperado de <https://grupocredicorp.com/indice-inclusion-financiera/IIF/INCLUSION-FINANCIERA-E-INFORMALIDAD-2023.pdf>
 28. Junta de Gobernadores del FED. (2022). *Money and Payments: The U.S.Dollar in the Age of Digital Transformation*. Reserva Federal. Recuperado de <https://www.federalreserve.gov/publications/january-2022-cbdc.htm>
 29. Kosse, A. y Mattei, I. (2023). *Making headway – Results of the 2022 BIS survey on central bank digital currencies and crypto*. BIS Papers, (136). Recuperado de <https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap136.pdf>

30. Martínez, C. Parra, J. Mora, T. y Lizarazo, A. (2023). *Efectos Macroeconómicos Esperados de Emitir una CBDC al por menor*. Borradores de Economía, (1247). <https://www.banrep.gov.co/es/publicaciones-investigaciones/borradores-economia/efectos-macroeconomicos-esperados-emitir-cbdc-menor>
31. Vargas, H. (2022). *Some thoughts about the issuance of a retail CBDC in Colombia*. CBDCs in emerging market economies, (123), 49-65. <https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123.htm>
32. Vargas, H. Cardozo, P. Murcia, A. (2017). *The Macroprudential Policy Framework in Colombia*. BIS Papers, (94), 103-128. Recuperado de <http://www.bis.org/publ/bppdf/bispap94i.pdf>





Revista de Estudiantes de Economía / Número 8 / Enero-diciembre 2024

INTERCAMBIO

Stock prediction using topic modeling and sentiment analysis techniques: A machine learning case study on Ecopetrol

***Predicción de acciones mediante
técnicas de modelado de temas
y análisis de sentimiento: un
estudio de caso de aprendizaje
automático sobre Ecopetrol***

.....
**Edwar David Valenzuela Cortés
Santiago Puentes Núñez**

E-ISSN 2619-6131



Stock prediction using topic modeling and sentiment analysis techniques: A machine learning case study on Ecopetrol*

Predicción de acciones mediante técnicas de modelado de temas y análisis de sentimiento: un estudio de caso de aprendizaje automático sobre Ecopetrol

Edwar David Valenzuela Cortés**
Santiago Puentes Núñez***

Abstract

This study introduces a novel technique for predicting market movements using topic and sentiment analysis of financial news about Ecopetrol. News headlines from Hydrocarbons and La República (July 2012 to December 2023) were analyzed using BER Topic, FinBERT, and Vader. The findings show that predictive models based on news headlines are more effective over 3 and 4-week periods compared to shorter periods. The Gradient Boosting model for week 3 achieved a profitability of 49.4% and accuracy of 57%, while a Random Forest model for week 4 yielded a profitability of 33.11% with a 9.71% error, outperforming the buy and hold strategy. These results highlight the advantage of short-term trend predictions in financial decision-making.



* **Artículo recibido:** 2 de julio de 2024 | **aceptado:** 10 de diciembre de 2024 | **modificado:** 27 de marzo de 2025.

** Estudiante de Administración de Empresas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Correo electrónico: evalenzuelac@unal.edu.co

*** Estudiante de Economía de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Correo electrónico: spuentesn@unal.edu.co

Keywords: stock market prediction, topic modeling, sentiment analysis, Machine Learning, investment strategies.

JEL classification: G17, G14, C55.

1. Introduction

In the current context, stock price prediction has become an area of great interest for both researchers and investors. The ability to foresee market movements can provide a significant advantage in financial decision-making. However, the sheer volume of data generated daily, primarily qualitative in nature such as economic news, can be overwhelming and result in a complex task for humans to analyze to make correct decisions within financial markets.

Various techniques for processing this data to make decisions have been investigated in recent years, such as the use of sentiment analysis to extract the necessary features from qualitative data, which are then fed into machine learning or deep learning models. This generates systems capable of processing these data, allowing investors to make more optimal and rational decisions.

In Colombia, research on financial techniques and the use of data within the local financial market is still in its early stages. Consequently, this article focuses on predicting the stock price of Ecopetrol, the leading oil company in Colombia. Advanced topic modeling and sentiment analysis techniques integrated with machine learning models to predict Ecopetrol's stock price were used.

The study presents a comprehensive approach that combines the extraction and processing of financial news data with the collection of historical stock price data. News headlines were collected from two main sources, Hydrocarbons and La República, using web scraping techniques, covering the period from July 2012 to December 2023. These headlines were preprocessed and analyzed to extract relevant features through topic modeling and sentiment analysis, using tools such as BERTopic, FinBERT, and Vader.

Historical stock price data for Ecopetrol was collected from Yahoo Finance, which included opening and closing prices. This data enabled the calculation of dependent

variables such as trends and returns over various time intervals. This information was then integrated into several machine learning algorithms, including Gradient Boosting, Random Forest, Extreme Gradient Boosting, and K-Nearest Neighbors.

To run these models with the collected data, Scikit-learn was utilized, a Python library that offers machine learning tools. Additionally, Python was used as the programming language for this analysis.

The objective of this work is to provide an innovative technique through topic analysis to identify the most relevant themes related to the Ecopetrol asset, and in combination with the sentiment of the same news, generate robust and profitable models. Thus, the effectiveness of these techniques and the value of qualitative data are evaluated by analyzing their impact through the models on various objective variables related to changes in trend and return 1, 2, 3, and 4 weeks after the news appears. This is achieved by developing and identifying investment strategies based on the predictions generated by the models, contrasting with the buy-and-hold strategy to identify the system's ability to generate higher returns compared to the natural performance of the asset.

This research aims to contribute to the existing literature in the field of stock price prediction, demonstrating how the integration of natural language processing techniques and machine learning can improve the accuracy and utility of financial predictions. The results and discussions presented in the following sections will provide a detailed analysis of the performance of the models and the potential profitability of the proposed investment strategies.

2. Related work

2.1. Sentiment analysis, Machine Learning and Deep Learning in Stock Market

The integration of sentiment analysis with machine learning and deep learning techniques has significantly advanced stock market prediction methodologies. Researchers have demonstrated that incorporating sentiment analysis from financial news into machine learning models can enhance the accuracy of stock price predictions. Their

study in the field underlines the importance of combining historical price data with qualitative data from news and social media to improve predictive performance. This section explores various approaches and models that leverage sentiment analysis and machine learning to address the complexities of stock market prediction.

The research conducted by Maqbool et al. (2023) addresses the complexity of predicting stock prices due to high market volatility influenced by various external and internal factors. They propose a machine learning model that integrates historical price data with sentiment analysis of financial news using algorithms like VADER, TextBlob, and Flair.

The multilayer perceptron (MLP) regression model implemented using Scikit-learn demonstrated high accuracy in predicting trends and future prices, achieving 90% accuracy in 10-day predictions (Maqbool et al. 2023). The research highlights the importance of incorporating sentiment analysis to improve prediction accuracy and suggests the use of additional models, such as LSTM, along with the integration of social media and geopolitical news data for future enhancements.

A similar approach can be seen by Shah, Isah, and Zulkernine (2019). They present a comprehensive review of stock market prediction techniques, emphasizing market volatility due to external and internal factors. This research highlights the importance of integrating historical data with information from microblogs and financial news to enhance predictions. Although similar to the work of Maqbool et al. (Maqbool et al. 2023), it focuses more on the classification and taxonomy of various employed techniques, providing a solid foundation for future research in the field of stock market prediction.

Correia, Madureira, and Bernardino (2022) investigate the application of deep neural networks for sentiment analysis in the stock market, using social media data as a case study. They proposed a Deep Learning-based classification framework, evaluating several models (CNN, LSTM, GRU, and combinations of these with market indicators) and their performance in sentiment analysis.

The methodology included collecting data from various social sources, storing it in DFS, and testing trained models in trading simulations. Results showed that the CNN-LSTM model with market indicators achieved the best accuracy, reaching 73% in training and 69% in

testing, with a return on investment of 4.4% in simulations. The authors identified overfitting issues and suggested improvement strategies such as data batching (Correia et al. 2022).

A hybrid model is developed by Jing, Wu, and Wang (2021) that combines deep learning with sentiment analysis to predict stock prices. They use a Convolutional Neural Network (CNN) to classify hidden investor sentiments extracted from stock forums and apply a Long Short-Term Memory (LSTM) network to analyze technical indicators and sentiment analysis results. Experiments conducted on the Shanghai Stock Exchange demonstrate that this hybrid approach outperforms individual models and those without sentiment analysis, proving the effectiveness of combining advanced machine learning techniques with sentiment analysis in stock prediction, which results highly convenient for the approach proposed in this paper.

Khan et al. (2022) investigate the influence of social media and financial news on stock market prediction. They employ various machine learning algorithms and perform feature selection and spam reduction to improve prediction quality. The results show that social media and financial news significantly impact prediction accuracy, with a maximum accuracy of 83.22% achieved using a random forest ensemble of classifiers. The study also identifies those certain markets, like New York and Red Hat, are more challenging to predict, while others, such as IBM and Microsoft, are more influenced by social media and financial news, respectively.

The introduction of FinBERT, a BERT-based model pre-trained specifically for the financial domain, demonstrates significant improvements in financial sentiment analysis. FinBERT, adapted to a financial corpus, outperforms previous models by 15% in accuracy, showing its effectiveness even with small datasets as they might appreciate in the Araci (2019) approach. The study concludes that pre-trained language models are suitable for sentiment analysis tasks in finance and proposes future applications of FinBERT in stock market data and other natural language processing tasks in the financial area.

Collectively, these studies emphasize the critical role of sentiment analysis in improving stock market predictions. While some research focuses on integrating sentiment data with traditional machine learning models, others explore deep learning approaches

or hybrid methodologies combining multiple techniques. The effectiveness of sentiment analysis varies based on data sources, model architectures, and market conditions. The findings highlight the potential of advanced NLP models like FinBERT and suggest that incorporating diverse data sources, such as social media, financial reports, and geopolitical events, can further enhance prediction accuracy. This review provides a foundation for the approach adopted in this research, which seeks to leverage sentiment analysis to improve stock price forecasting in the context of Eco petrol.

2.2. Topic Modeling

Topic modeling has emerged as a powerful tool in financial analytics, enabling the extraction of relevant themes and topics from large datasets of financial news and reports. By identifying the underlying topics within textual data, researchers can gain insights into market sentiments and trends that are not immediately apparent from numerical data alone. This section reviews recent advancements in topic modeling techniques, such as BERTopic and Latent Dirichlet Allocation (LDA), and their application in improving the accuracy of topics predictions and classifications. Additionally, this provides the necessary context to introduce the primary technique for processing topic data presented in this article, which has not been explored previously.

In the study by Balaneji and Maringer (2022), the combination of sentiment analysis and topic modeling is explored to improve the prediction of changes in implied volatility (iv30call) in the options market. Using financial news for six Dow Jones index stocks, the authors built text processing and topic modeling pipelines. Results showed that incorporating topic models improves iv30call prediction accuracy for five of the six companies analyzed. The study suggests that integrating topic models and sentiment analysis can enhance financial classifications' accuracy, proposing areas for future research.

García-Méndez et al. (2023) address the challenge of extracting relevant information, including forecasts and predictions, from online financial news. These sources often contain expert opinions on market events in various contexts. The proposed system uses natural language processing (NLP) techniques to segment text, filter less relevant phrases

through Latent Dirichlet Allocation (LDA) analysis and identify predictions through a discursive temporal analysis. This approach results in a concise summary of pertinent information, using techniques like paragraph segmentation, coreference resolution, and discursive temporality analysis. The solution outperformed a rule-based system and was comparable to a supervised system, without requiring manual annotations.

Wang et al. (2023) present an innovative framework for financial market analysis that combines latent topic discovery with investor expectation modeling. This approach is the first to jointly model investor expectations and automatically extract latent relationships between stocks. Experiments conducted on China's CSI 300 market demonstrated that the model consistently achieved annual performance above 10%, outperforming current standards in stock return predictions and trading simulations over several years (back testing).

Grootendorst (2022) introduces BERTopic, a topic model that extends topic modeling as a clustering task. BERTopic generates coherent topic representations using pre-trained transformer-based language models, clustering these representations, and generating topic representations through a class-based TF-IDF procedure. This model is competitive across various benchmarks, demonstrating its ability to generate coherent topics and its utility in various topic modeling applications, highlighting its innovative approach and performance compared to classic models and recent clustering-based approaches.

Chen et al. (2023) compare three state-of-the-art topic models (LDA, Top2Vec, and BERTopic) in the context of analyzing the impact of news on financial markets. Using a framework called "News Impact Analysis" (NIA), the authors analyzed 38,240 news articles to measure their impact on stock prices. Experimental results showed that BERTopic outperformed other models in terms of coherence, interpretability, and computation time, validating the NIA framework's feasibility and usability for financial researchers. This study provides a valuable comparison of topic models applied to financial news, highlighting BERTopic's effectiveness in this scenario.

The reviewed studies highlight the increasing relevance of topic modeling in financial analytics, particularly in stock market prediction. While LDA remains a widely used technique, more recent approaches, such as BERTopic, offer improvements in

coherence, interpretability, and computational performance. Research demonstrates that integrating topic modeling with sentiment analysis can enhance predictive accuracy, especially in market forecasting and volatility estimation. Additionally, novel frameworks incorporating investor expectations and latent topic discovery further extend the applications of topic modeling.

2.3. Colombian Stock Market

The Colombian stock market presents unique challenges and opportunities for predictive modeling, influenced by local economic conditions and market dynamics. Despite the growing interest in applying advanced analytical techniques in this market, research remains relatively nascent. This section examines previous studies and methodologies focused on the Colombian stock market, highlighting the use of machine learning and sentiment analysis to predict stock prices and trends. By reviewing these works, this study aims to provide a contextual background and identify gaps that need to be addressed in the context of Ecopetrol's stock price prediction.

In order to consider the Colombian Stock Market, it seems plausible to analyze some previous works. Monroy-Perdomo et al. (2022) develops an innovative methodology to predict stock trends in the Colombian market, using the sectoral Tobin's Q ratio as a trend index and stock price variation. The methodology is based on a quasi-experimental quantitative analysis of stocks traded up to December 30, 2019, covering at least 90% of trading time over the past five years. The average Q value of the relevant economic sector is adjusted to each stock's value to calculate its estimated price. Disparities between the estimated and actual value at time allow predicting the stock's price transition. Results show a significant influence of sector results on Tobin's Q performance at the corporate level, with significant levels above 50% in all cases and profitability not dropping below 30% in any sector, reaching up to 100%.

López-Gaviria (2019) analyzes the predictability of historical returns of the Colombian stock market in medium and long-term horizons, evaluating whether the risk premium is constant or variable over time and its relationship with other economic

variables. A price, returns, and dividends index is constructed for the period 1995-2017, based on the universe of issuers in the Colombian equity market. It is concluded that fluctuations in the dividend-price ratio are mainly explained by variations in future returns, indicating that the market is subject to cycles and that the risk premium varies over time. Additionally, information on mortgage credits, the real exchange rate, and S&P 500 index returns improves predictive capacity, suggesting that understanding the risk premium in Colombia benefits from considering credit markets and the context of an open economy.

The work of Palacio Roldán (2022) develops a stock recommendation model for the COLCAP index, based on technical analysis and sentiment analysis of the local market, in response to the Second Capital Market Mission in Colombia, which identified a notable decline in stock market participation. The model uses two recurrent neural networks to predict stock prices and classify them by profitability. Data obtained through web scraping and sentiment analysis for news are used, and a final dataset including historical prices and financial statements is built. The models are trained and validated using cross-validation, concluding that the gated recurrent unit (GRU) model is more accurate for long-term forecasts.

Iguarán Cotes (2019) applies feedforward neural networks to predict Ecope-trol's stock price in the Colombian market, considering three prediction time horizons: short, medium, and long term. Results show that it is possible to adequately predict prices one day and one week in advance, although for longer horizons, the results are not applicable. The models are mainly based on Boeing's price, revealing deep inter-connections in financial markets that are not directly intuitive. Financial indicators are useful for the models, validating their relevance in professional trading. This study suggests that, with appropriate time horizons, neural networks can be an effective tool for trading in the real market.

The reviewed studies on the Colombian stock market demonstrate the increasing application of advanced analytical techniques, such as machine learning and sentiment analysis, to predict stock prices and trends. Methodologies like Tobin's Q ratio for

trend analysis and the use of recurrent neural networks for stock recommendations show promising results in improving prediction accuracy. Research also highlights the importance of incorporating external economic variables, such as exchange rates and S&P 500 index returns, to enhance predictive capacity. Despite the advances, challenges remain, particularly regarding the predictability of stock prices over longer time horizons. The studies emphasize the need for further exploration into refining predictive models and adjusting time horizons for better forecasting accuracy, providing a foundation for advancing Ecopetrol's stock price prediction in this context.

3. Methodology

This section describes the steps necessary to implement the prediction system for Ecopetrol stock price.

3.1. Data collection

The data was extracted from two main sources: Hydrocarbons and La República. These databases were selected due to the high volume of news articles published daily and their direct or indirect relevance to Ecopetrol. Web scraping techniques were used to collect the publication dates and headlines of the news articles, which were stored in a data frame. The news data span from July 2012 to December 2023, totaling 6,300 news articles. These sources provide a substantial amount of data to develop the system. Headlines are used because they are simpler and more efficient than using complete bodies of text.

Additionally, the data for Ecopetrol's asset prices were extracted from Yahoo Finance, requiring the use of dates, opening prices, and closing prices to perform the necessary calculations, which will be detailed later.

3.2. Financial news data preprocessing

To properly develop the system, avoid data leakage, potential biases, and increase model efficiency, proper data preprocessing is necessary. The following steps outline the initial treatment of the news articles:

1. *Data Division*: To obtain a suitable dataset for the models, the news data are divided into two sets: a training set, used to develop the topic model, find the most relevant variables, and train the machine learning models. This set will represent 70% of the data, with an initial date of 2012-07-01 and an end date of 2020-07-12. The test set will represent the remaining data, with an initial date of 2020-07-12 and an end date of 2023-12-31, which is used to check the effectiveness of the machine learning models after being trained with the relevant features as well as the performance of the proposed system (which will be detailed later). This step is crucial as it allows for a proper assessment of the system's effectiveness.
2. *Translate*: To enhance the effectiveness of tools for sentiment analysis and topic modeling, it was essential to translate all headlines from Spanish to English, as La República provides data in Spanish. Using a single language simplifies the process. This decision was made to ensure consistent language during the training phase, which facilitates the modeling process.
3. *Data cleaning*: For topic modeling, stopwords, special characters, short words, duplicate headlines, and links are removed. For sentiment analysis, the above is performed but some special characters are retained, as sentiment analysis models require these to determine if a text is positive, neutral, or negative.

3.3. News feature extraction

3.3.1. Topic Modeling

To discover which news has impacted a financial asset, the topic modeling technique can be used. This is a data analysis technique used in natural language processing and text mining to discover and extract latent themes or topics from a corpus of documents. This approach aims to identify underlying patterns in the text that represent coherent themes or areas of interest. By applying topic modeling, it is possible to better understand the structure and content of large document collections, facilitating tasks such as information organization, retrieval of relevant information, and exploration of trends and thematic relationships.

3.3.2. BERTopic

BERTopic is a topic modeling approach that utilizes BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), a pre-trained transformer-based language model, to automatically identify and cluster latent topics in a text corpus. Unlike traditional topic modeling methods, BERTopic leverages the power of deep learning to capture complex semantic relationships between words and documents, resulting in a more accurate and contextual representation of topics. This approach allows for efficient and thorough exploration of large volumes of textual data, facilitating the identification and understanding of underlying thematic patterns in various fields of study.

3.3.3. Feature extraction with BERTopic

As mentioned earlier, to use topic modeling in predicting financial assets, it is necessary to train a model with an existing dataset or documents to be able to assign topics to new news articles in the future. To this end, the headlines corresponding to the training set are used to develop the BERTopic model. To simplify the system, a maximum of 38 topics is assigned, based on the use of keywords to find these topics.

After training the BERTopic model, the model is used to make predictions on the headlines corresponding to the test set, assigning a topic to each headline. Since BERTopic uses all headlines without considering that the data are temporal, this topic assignment is applied to both the training and test sets.

3.4. Topics for Machine Learning models data

After assigning a topic to each headline, it is necessary to convert this data into a weekly matrix to later relate these topics to the price data for each week. To do this, each topic is converted into a column with two values:

- If the topic appeared in a given week, a label of “1” is assigned.
- Otherwise, a label of “0” is assigned.

This binary approach was chosen to identify the topics, events, situations, and aspects that may influence investor sentiment toward Ecopetrol stock and how this

is reflected in its stock price. By using a week-by-week measurement, the aim is to capture the presence of specific topics rather than their intensity or frequency. This serves as an initial approach to understanding the impact of news on price movements. Also, this approach allows the models to be trained and tested using the topics extracted from the headlines. Table 1 provides an example of the resulting dataset.

Table 1. A View of how topics data were transformed

Date	Topic1	Topic2	...	Topic _n
1/07/2012				
8/07/2012	1	0	...	0
	0	1	...	1
15/07/2012	1	0	...	0
22/07/2012	1	0	...	1
	0	0	...	0
29/07/2012				

Source: Own Elaboration.

3.4.1. Sentiment analysis

Sentiment analysis is a computational technique that utilizes natural language processing algorithms to determine the emotional attitude associated with a set of text, usually opinions, comments, or online reviews. This approach categorizes text into different classes of sentiments, such as positive, negative, or neutral, enabling researchers to understand public perception about specific topics, products, or services, as well as identify trends and emotional patterns in large textual datasets.

3.4.2. FINBert

To extract sentiment data, FinBERT is employed as a pretrained language model specifically designed for financial and economic text analysis. Based on the transformer architecture, it is one of the leading techniques in natural language processing (NLP). FinBERT has been trained on large-scale financial and economic datasets, allowing it to capture domain-specific language and nuances. Since it is pretrained, it can be fine-tuned for

specialized tasks such as sentiment classification of financial news, market movement prediction, and extracting relevant information from financial reports.

3.4.3. Feature Extraction with FinBERT and Vader

To enhance sentiment analysis, both FinBERT and Vader are utilized in this study. FinBERT processes financial news headlines, leveraging its domain-specific training, while Vader is a lexicon-based model optimized for short texts, making it well-suited for sentiment scoring of news headlines. The combination of these models allows for a more robust sentiment analysis by capturing both the contextual depth of transformer-based models and the rule-based interpretability of lexicon-based approaches.

FinBERT and Vader are applied independently to the entire news dataset, rather than separately to the training and testing sets, as is done with BERTopic. After running these models, sentiment labels are assigned:

- FinBERT: News headlines are categorized as negative (-1), neutral (0), or positive (1).
- Vader: Instead of discrete labels, a continuous sentiment score is generated based on the headline's polarity.

To integrate both models into the dataset, various sentiment-based features are extracted:

- News Sentiment Distribution (FinBERT & Vader): The number of news articles classified as negative, neutral, or positive for the past week.
- Headline Sentiment Score (FinBERT & Vader): The average sentiment score of news headlines for the past week.
- Cumulative Sentiment Trend (FinBERT & Vader): The average sentiment score over the last ten weeks, providing a smoothed representation of sentiment dynamics over time.

3.5. Preprocessing of Price data

This section explains the procedure used to obtain the dependent variables and calculate the performance of the proposed strategy. As mentioned earlier, to properly implement the system and models, the opening and closing prices need to be optimally utilized.

3.5.1. Target variables

Eight variables derived from price are calculated to determine the ability of the data and models to generate predictions and profitability. Four correspond to price changes in terms of trend, and four correspond to returns. All of this is done using the closing prices for each week. Since the system takes data from both prices and news up to the last hour of Sunday, and the model is run before the market opens the following week, calculations are done as follows:

3.5.2. Trend

The trend in n weeks is determined as:

4. Let P_{open} be the opening price of current week.
5. Let P_{close} be the closing price after n weeks.
6. Let $T(n)$ be the trend estimation after n weeks.

Then, the trend estimation function can be defined as

$$T(n) = \{\mathbf{Bullish}, \quad \text{if } P_{close}(n) > P_{open} \quad \mathbf{Bearish}, \quad \text{if } P_{close}(n) \leq P_{open}$$

where n represents the number of weeks ahead for which the trend is being estimated.

Bullish indicates an up-trend and *Bearish* indicates a down-trend.

3.5.3. Returns

Given the parameters exposed in section 3.5.2, the return estimation function can be defined as follows:

$$R(n) = \frac{P_{close}(n) - P_{open}}{P_{open}}$$

where $R(n)$ represents the return or percentage change after n weeks.

3.6. Implementation of Machine Learning Models

3.6.1. Models

The study employs machine learning algorithms implemented in scikit-learn and XGBoost, including Gradient Boosting, Random Forest, Extreme Gradient Boosting (XGBoost), and K-Nearest Neighbors (KNN). These algorithms are utilized for both classification tasks (trend prediction) and regression tasks (return prediction). The training set is used to fit the models, while the test set evaluates their performance.

3.6.2. Model Evaluation

For regression tasks, mean squared error (MSE) is used to measure return prediction error. For classification tasks, accuracy, precision, and recall are employed to assess trend prediction performance. Precision and recall help determine whether the model is genuinely learning patterns from the data or merely optimizing for the majority class, which could indicate an overfitting issue.

Although cross-validation is a common technique for model evaluation, it is not directly applicable in this study due to the nature of the dataset. A portion of the training set is used to obtain the FinBERT model predictions for new topics in the test set, making traditional time-series cross-validation infeasible.

3.6.3. Hyperparameters Optimization

Hyperparameter optimization is essential for achieving better model performance. In this study, the GridSearchCV method from Scikit-learn was employed on the training set to systematically explore combinations of hyperparameters for each algorithm using tenfold cross-validation. Once the optimal values were identified, the entire training set was used to build the final model, which was then evaluated on the test set. The process was conducted using classification models, and the optimal hyperparameter values obtained were subsequently implemented in the corresponding regression models. Below is a table summarizing the algorithms, the hyperparameters tuned, the range of values considered and the final optimal value:

Table 2. Hyperparameters optimization

Algorithm	Hyperparameter	Range of values	Optimal value
RandomForest	n_estimators	100, 200, 300, 500	300
	max_depth	None, 10, 20, 30	20
	min_samples_split	2, 5, 10	5
	min_samples_leaf	1, 2, 4	2
	max_features	sqrt, log2, None	sqrt
	n_neighbors	3, 5, 7, 9, 11, 15	7
KNeighbors	weights	uniform, distance	uniform
	metric	euclidean, manhattan	euclidean
GradientBoosting	n_estimators	100, 200, 300	200
	learning_rate	0.01, 0.05, 0.1, 0.2	0.1
	max_depth	3, 5, 7	5
	subsample	0.8, 0.9, 1.0	0.9
XGB	n_estimators	100, 200, 300	200
	learning_rate	0.01, 0.05, 0.1, 0.2	0.05
	max_depth	3, 5, 7	7
	subsample	0.8, 0.9, 1.0	1.0
	colsample_bytree	0.8, 0.9, 1.0	0.9

Source: Own Elaboration.

Selection of Relevant Variables

To identify the most relevant independent variables for each dependent variable, the SelectKBest method is applied. This technique evaluates the statistical relationship between each independent variable and the target variable using predefined statistical tests. Specifically:

- For return prediction, an ANOVA F-test is used.
- For trend prediction, a Chi-square test is applied.

The variables are then ranked based on their scores, and the top K features (determined by the user) are selected for each dependent variable. This approach allows for an

independent feature selection process that is not tied to a specific model. Although cross-validation could be used to determine the optimal value of K , in this study, variables with a score greater than 1 are selected and stored for use in the classification and regression models.

3.7. Proposed Strategies

Not only is it necessary to know the accuracy and level of error of the models, but also the ability of the proposed system to make valuable decisions. To this end, strategies were developed for each target.

3.7.1. Buy Decision

If the trend prediction is bullish for any of the following n weeks, the decision to buy is made. Similarly, with return prediction, the decision to buy is made for any of the following weeks if the return is greater than 0. Next function represents this concept.

3.7.2. Profitability Measurement

Moments are selected when trend predictions were bullish or return predictions were greater than 0. The calculated returns mentioned earlier for each weeks ahead relative to the current week are used to measure profitability based on the percentage changes that would have been obtained by buying in that week and selling in any of the following weeks.

As the system is proposed to be run every week, a strategy is evaluated for each week, where a capital is used to invest each week in which the predictions are bullish. For example, if it is invested for the same week (this is represented by trend1 or return1), a capital of 10,000 is used. If it is invested for 2 weeks ahead (trend2 or return2), half of the capital is used, i.e., 5000, with the aim of using the remaining capital the following week to invest again in the case of obtaining a bullish prediction and sell within 2 weeks. Similarly, this is done for 3 weeks ahead where the capital is divided by 3, and for 4 weeks ahead where the capital is divided by 4, this for a purchase every week. Cumulative returns are used to obtain the final return always using simple interest. Next functions represent the calculation for each strategy.

$$\text{Investment per week} = \begin{cases} C & \text{for trend1 o return1} \\ \frac{C}{2} & \text{for trend2 o return2} \\ \frac{C}{3} & \text{for trend3 o return3} \\ \frac{C}{4} & \text{for trend4 o return4} \end{cases}$$

where C is the initial capital (in this case, 10,000).

The cumulative return R is calculated using the simple returns obtained each week:

$$R = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{Profit}_i}{C_i} \right)$$

where Profit_i is the profit or return given by the asset each week i y C_i is the capital invested i .

3.7.3. Buy and Hold

Finally, the performance that would have represented holding the purchase made at the beginning of the test data set until the end of the test data set is estimated, taking the cumulative return until the last period without executing any buy or sell decisions.

3.8. Dictionary of Final Dataset

Table 3 shows the final variables required to obtain the research results.

Table 3. A View of the dictionary of final dataset

Variable	Meaning
Date	Contains end of weeks dates from 2012-07-01 to 2023-12-31.
open	Open price of current week.
trend1, trend2, trend3 and trend4	Trend in 1, 2, 3, and 4 week(s) with respect to the opening of the current week.
return1, return2, return3 and return4	Return in 1, 2, 3, and 4 week(s) with respect to the opening of the current week
Negative-Neutral- Positive Vader	Quantity of news based on its sentiment with vader of past week (3 variables)

Variable	Meaning
Negative-Neutral-Positive Finbert	Quantity of news based on its sentiment with Finbert of past week (3 variables)
Headline Sentiment Vader	Average news sentiment for the week with vader of past week.
Headline Sentiment Finbert	Average news sentiment for the week with Finbert of the past week.
Average Headline Sentiment Vader	Average news sentiment over the last ten weeks with vader of past week.
Average Headline Sentiment Finbert	Average news sentiment over the last ten weeks with Finbert of past week.
Topic(n)	Topic apparition in past week (38 variables).

Source: Own Elaboration.

4. Results and Discussion

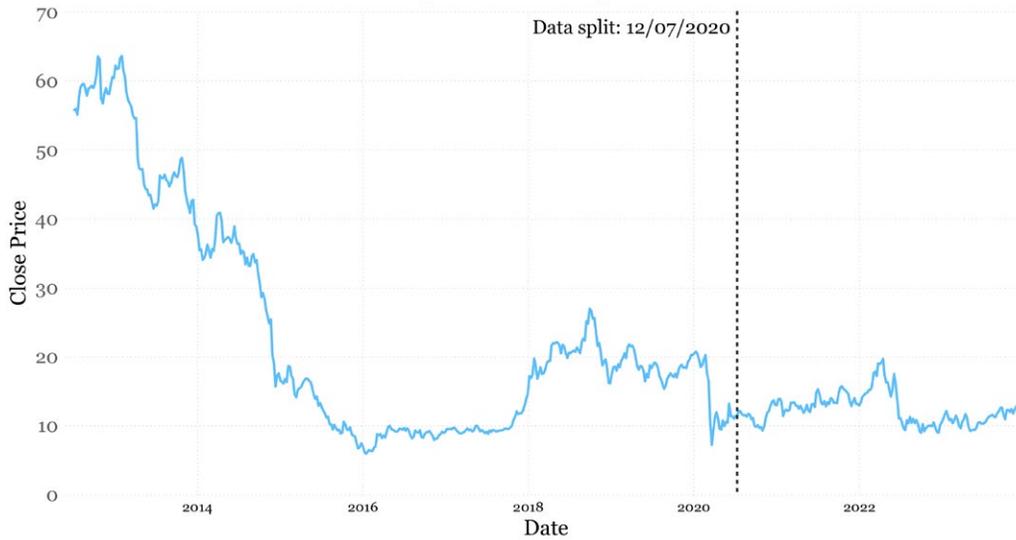
This section describes the context of the asset price, the topics found, the relevant variables for each target variable, the results obtained from the models and the proposed strategies, both for trend and return variables, and buy and hold strategy.

4.1. Ecopetrol Stock price data

The following graphs illustrate the context in which the research was conducted and the characteristics of the dependent variables.

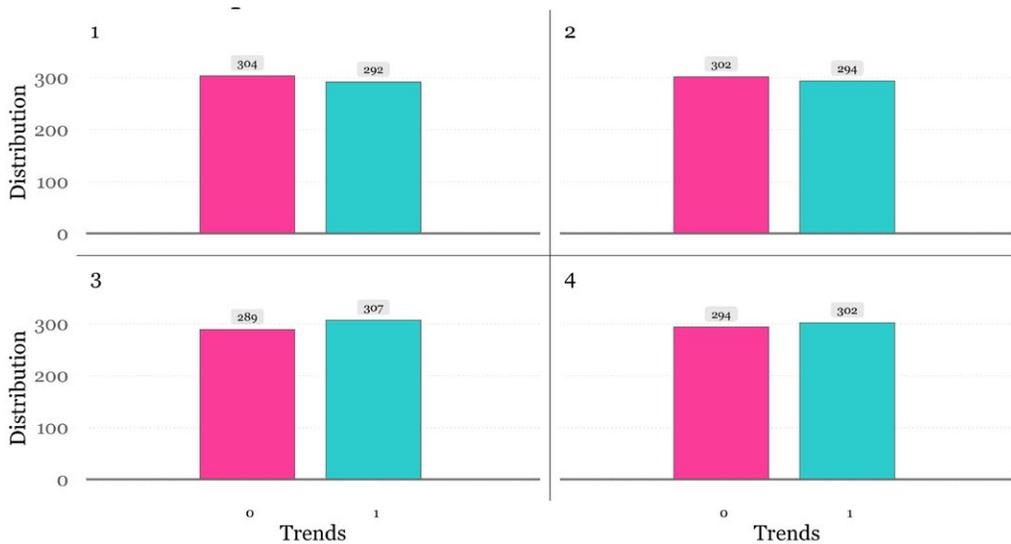
Figure 1 highlights the training and test price data sets, divided by the vertical line at the previously mentioned date. The price data for the training period exhibited a bearish trend until 2016, followed by a phase of consolidation. Similarly, the price data for the testing period also showed a phase of consolidation, providing a well-rounded sample of both bearish and bullish market conditions. As shown in Figure 2, the distribution of trends is balanced, so it was not necessary to use any technique to handle sample imbalance. In Figure 3 returns for each return target is shown and, as could be expected, the higher the time horizon, the price data is more volatile.

Figure 1. Split of train and test of stock price data

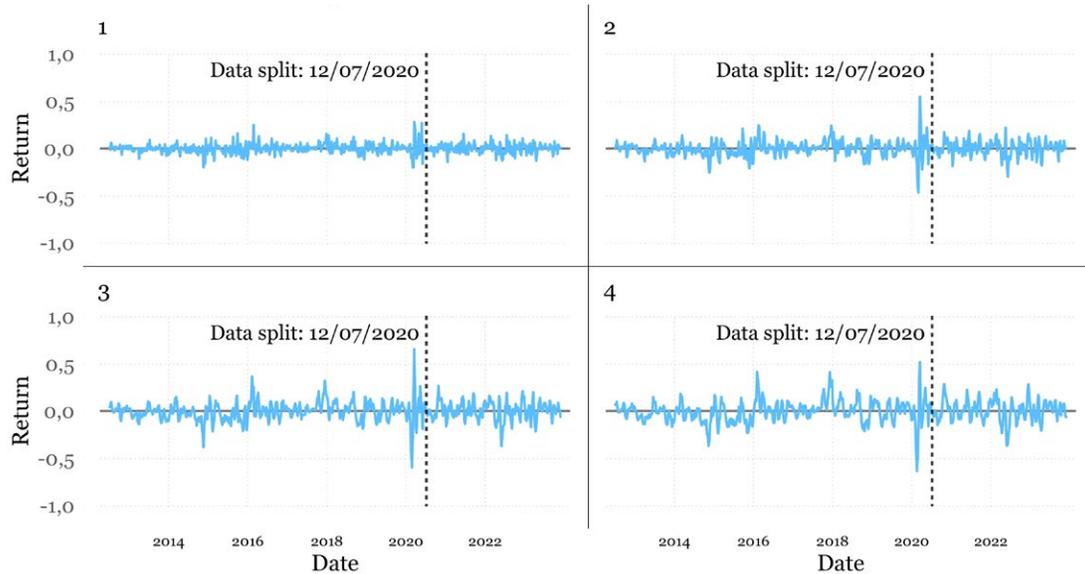


Source: Own Elaboration.

Figure 2. Distribution of trend target after weeks 1, 2, 3 and 4



Source: Own Elaboration.

Figure 3. Returns of return target after weeks 1, 2, 3 and 4

Source: Own elaboration with Yahoo Finance data.

4.2 Relevant Features

Table 4 presents the variables selected for each target variable using the SelectKBest method. Since this technique evaluates the statistical relevance of each feature independently of the predictive models, it helps filter out less informative variables before training. The selection of sentiment-related features is particularly crucial, as different sentiment calculation methods may impact prediction outcomes depending on the forecasting horizon or whether the target variable is modeled as return or trend.

In the next section, the impact of topic-related variables is analyzed.

Table 4. Relevant features for each target

Targets	Features
trend1	Average Headline Sentiment Vader, Headline Sentiment Vader, T7, T24, T10, T33, T19, T31, T17
trend2	Average Headline Sentiment Vader, Headline Sentiment Vader, Negative Vader, Neutral Finbert, Neutral Vader, T5, T2, T28, T7, T24, T16, T23, T29, T9, T19, T13, T20, T17
trend3	Average Headline Sentiment Vader, Headline Sentiment Vader, Neutral Finbert, Neutral Vader, T2, T16, T4, T29, T32, T18, T22
trend4	Average Headline Sentiment Finbert, Average Headline Sentiment Vader, Neutral Finbert, Neutral Vader, T14, T24, T16, T11, T23, T26, T29, T19, T37, T18
return1	Headline Sentiment Vader, T5, T7, T21, T14, T24, T12, T4, T23, T29, T33, T19, T20, T30, T32, T17
return2	Headline Sentiment Vader, Negative Finbert, Negative Vader, Neutral Vader, T2, T8, T14, T24, T16, T12, T23, T29, T20, T30, T18, T17
return3	Average Headline Sentiment Vader, Negative Finbert, Negative Vader, Neutral Vader, T2, T7, T14, T24, T16, T12, T11, T23, T29, T38, T33, T19, T20, T17, T22
return4	Average Headline Sentiment Vader, Headline Sentiment Vader, Negative Finbert, Negative Vader, Neutral Vader, T1, T2, T36, T7, T14, T24, T16, T12, T4, T23, T26, T29, T33, T19, T37, T17, T22

Source: Own Elaboration.

4.3 Topics Found

After training the BERTopic model, the topics found are shown in Table 5. The column Topic represents the number of the topic that is related with each T(n) variable shown before. The column Name shows the name of the topic after processing the key words given by BERTopic. Frequency of appearances are related with how many times this topic appears as a relevant feature from SelectKBest method in any of the target variables, which shows those relevant topics for Ecopetrol Stock price in general. Impact in n weeks is related with the time horizon that the topic has had a significant impact in the past.

Table 5. Topics found after building the BERTopic model in the training set

Topic	Name	Frequency of appearances	Impact in <i>n</i> weeks
0	Ecopetrol Financial Performance Analysis	0	-
1	Colombia's Fracking Policy and Stock Market Impact	0	-
2	Oil Refinery Operations and Environmental Concerns	5	2, 3
3	ECP Echeverry Plan for Export Strategy	0	-
4	Fuel Price Fluctuations and Natural Gas Market	0	-
5	USO Strike and Labor Disputes in Putumayo	2	2
6	Corporate Social Responsibility Projects Overview	0	-
7	Rubiales and Pacific Field Reversion Decisions	5	1, 2
8	Pipeline Security and Contingency Planning	1	2
9	Continuing Corruption Scandal at Reficar	0	-
10	Perception and Outlook on Progress	0	-
11	ANLA and ANH License Issues	2	2
12	Geopark's Role in Industry and Community Relations	4	4
13	Security Challenges in Cao, ELN, and Limn Regions	0	-
14	Environmental Concerns along the Magdalena River	5	4
15	Security and Environmental Issues Reporting	0	-
16	Blockades in Barrancabermeja and Mininterior Response	6	2, 3
17	Analysis of Colcap Index and Market Performance	6	3, 4
18	Bayn, ECP, and Bayon Perspective Analysis	3	3, 4
19	Parex Reserves Growth and Agreements	6	4
20	Tax Reform Impact and Fiscal Works	4	4
21	Energy and Mining Sector Transition to Renewables	0	-
22	Lizama Outcrop Scandal and Incident Investigation	3	3
23	Monthly Reports from Inner Circle	6	3, 4
24	Local Hiring Practices and Labor Trends	7	1, 2, 4
25	Referendum in Tauramena and Popular Court Decisions	0	-
26	Reviewing Roads Infrastructure in Casanare	2	2, 4

Topic	Name	Frequency of appearances	Impact in <i>n</i> weeks
27	Royalty System Projects and Departamental Issues	0	-
28	Minminas and EITI Efforts Addressing Challenges	1	2
29	Campetrol's Exploration Forecasts for 2016	7	2, 3, 4
30	ACIPET's Educational Initiatives and Layoff Information	0	-
31	Bioenergy and Ethanol Production Challenges	0	-
32	Hocol's Operations in Macarena, Ballena, and Chuchupa	2	2
33	Smuggling and Fuel Theft Issues	4	1, 2, 4
34	Seismic Exploration and Water Regulation	0	-
35	Canacol's Bet on Shale Exploration in 3Q13	0	-
36	Tierra Gran Llanos Energy Asset Analysis	1	4
37	Field Suspension Decisions and Inactivity	2	2, 4
38	Cenit's Achievements and CNE Sale Status	1	4

Source: Own Elaboration.

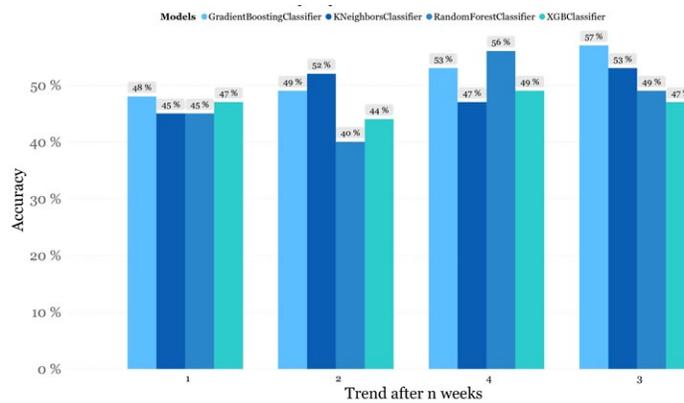
4.4 Trends predictions results

After training and testing the ml classification models, performance results from models were obtained. Figure 4 shows the accuracy of models for each trend target. As can be seen, predictions of trend after 3 and 4 weeks had a better accuracy in comparison with trend after 1 and 2 weeks. Figure 5 shows the profit of the strategy proposed for each target and, similar with accuracy results, investing and selling after 3 and 4 weeks gave a better result that doing it in less time like 1 and 2 weeks. Figure 6 shows the results of the accumulated returns of the proposed strategies using the trends. It can be seen that profits are constant over time and bullish in the case of 3 and 4 weeks ahead, also constant but bearish in the case of 1 and 2 weeks ahead.

Table 6 presents results with more details. The Target column displays the target variables and Model column the model that was trained and tested, the accuracy shows how good the model was. Precision 0 and 1, and also Recall 0 and 1, the results for bullish and bearish trend. Support 0 and 1 show the distribution of trends

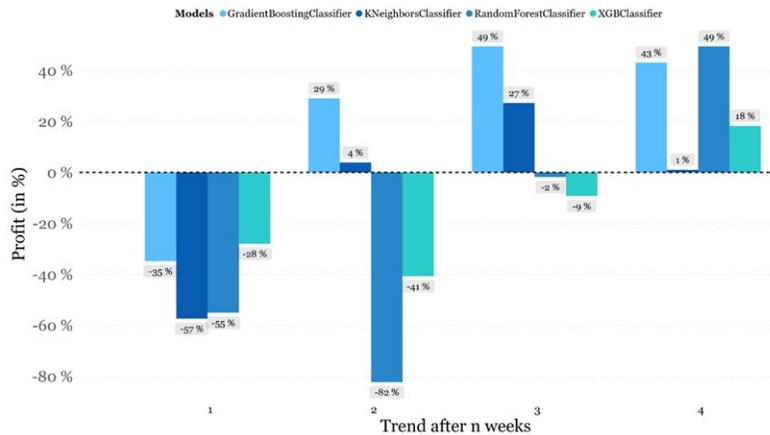
followed by Profit that shows the final return. The best model for predicting trends was the GradientBoostingClassifier in trend3, that was tested with 79 bearish trends and 95 bullish trends, with an accuracy of 0.57, precision for predicting bearish trends of 0.52 and 0.62 for bullish trends. Recall for bearish and bullish trends was 0.59 and 0.55 respectively, which shows that the model had a good performance and was not overfitted, with a final profit of 49.4%. Other models like RandomForestClassifier for trend4 also had a good performance, where its final profit was 49.41%

Figure 4. Accuracy of models for each trend target

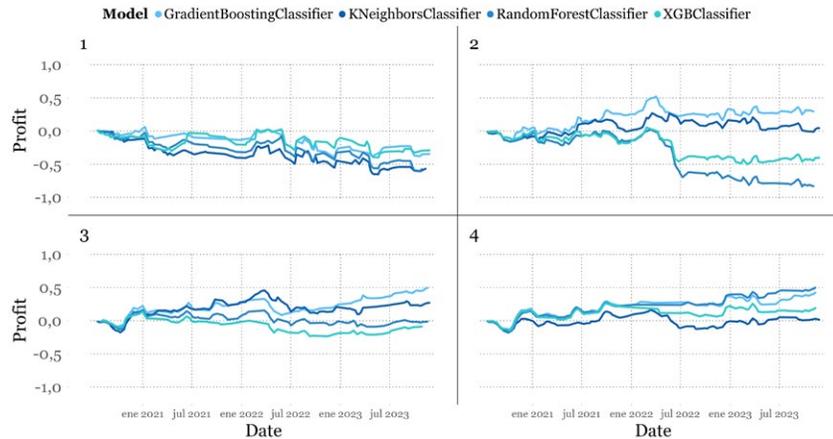


Source: Own Elaboration.

Figure 5. Profit of models for each trend target



Source: Own Elaboration.

Figure 6. Profit over time of models for each trend target

Source: Own Elaboration.

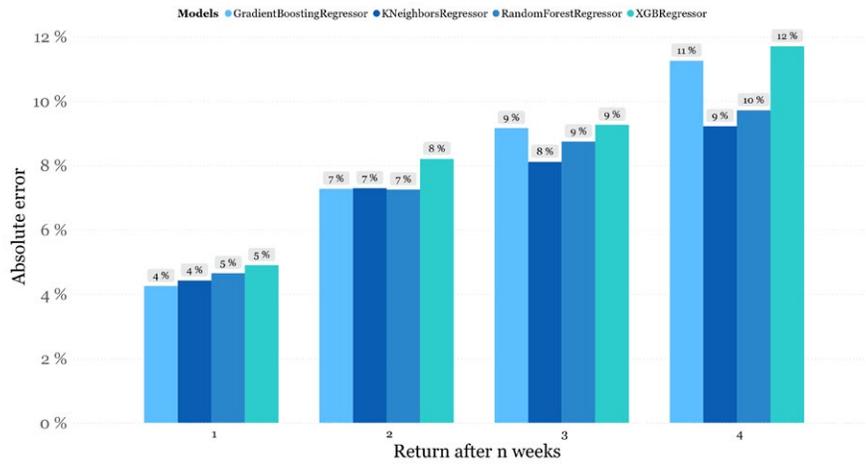
4.5 Returns predictions results

As was mentioned before, it was necessary to see if the data is also useful for predicting returns. The results given by regression models for predicting return targets had a lower performance; however, it is still useful to use this approach for predicting price. Figure 7 shows that error increases if time horizons prediction are longer. In Figure 8 it can be seen that profit is also higher if 3 or 4 weeks' time horizons are used, in comparison with 1 and 2. However, results of profit after 1 and 2 weeks are better in comparison with the trends ones. Figure 9 shows that historical profit from predicting returns after 1 week are slightly more bullish in comparison with after 2 weeks, and 3 and 4 weeks are considerably more bullish.

In Table 7 the results were also presented in more details. Like in table 6, the two first columns represent the models and targets tested. Absolute error represents the average error of predicting results from the models in different time horizons. The profit column also represents the final return of each model tested. In this case, the best model was the RandomForestRegressor for predicting returns after 4 weeks with a profit of 33,11% and an absolute error of 9,33%, followed by the model Gradient-BoostingRegressor with a profit of 22,62% and absolute error of 9,16%. This shows that these last two models can be useful at predicting trends and returns.

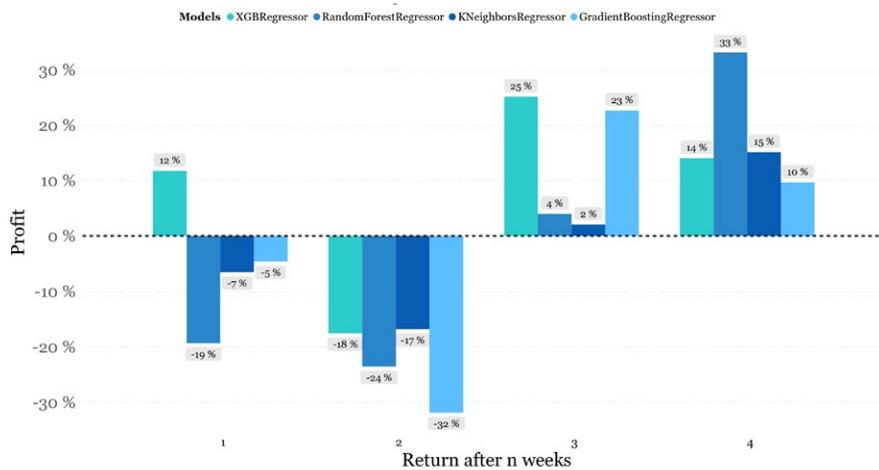
Figure 10 shows historical predicted values and real values over time by each model and target. The number followed by the model's name represents the return after n weeks. As can be seen, the models can capture the returns if time horizons are lower.

Figure 7. Absolute error of models for each return target



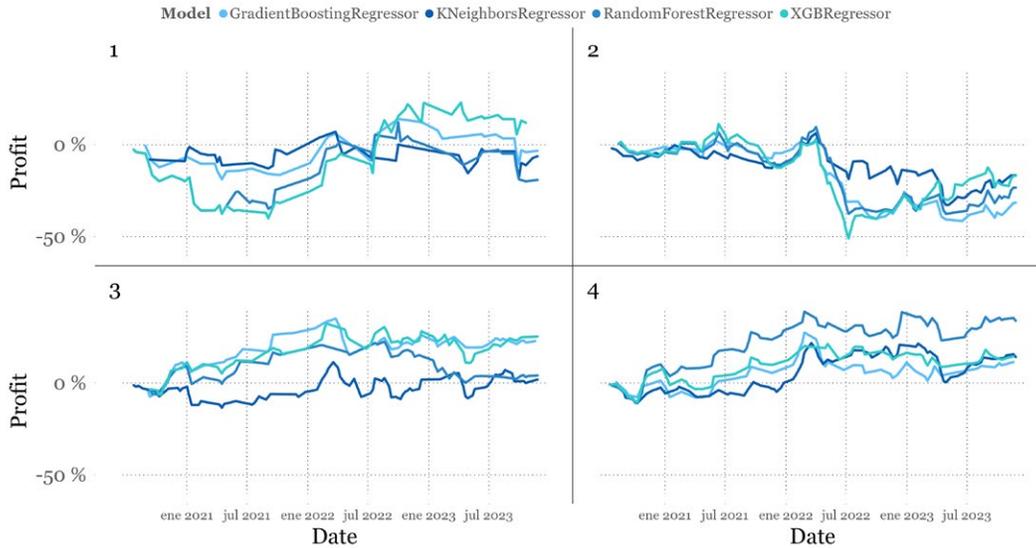
Source: Own elaboration.

Figure 8. Profit of models for each return target



Source: Own elaboration

Figure 9. Profit over time of models for each return target



Source: Own elaboration.

Table 6. Model's Performance Metrics for each trend target variable

Model	Target	Accuracy	Precision_0	Precision	Recall_0	Recall_1	Support	Support	Profit
RandomForestClassifier	trend1	0.45	0.46	0.43	0.49	0.38	87	87	-55.01
KNeighborsClassifier	trend1	0.45	0.45	0.44	0.49	0.40	87	87	-57.35
GradientBoostingClassifier	trend1	0.48	0.48	0.47	0.64	0.31	87	87	-34.83
XGBClassifier	trend1	0.47	0.46	0.46	0.53	0.39	87	87	-28
RandomForestClassifier	trend2	0.4	0.38	0.39	0.27	0.51	90	84	-82.25
KNeighborsClassifier	trend2	0.52	0.54	0.50	0.46	0.58	90	84	3.83
GradientBoostingClassifier	trend2	0.49	0.52	0.48	0.34	0.65	90	84	28.99
XGBClassifier	trend2	0.44	0.44	0.44	0.30	0.60	90	84	-40.72
RandomForestClassifier	trend3	0.49	0.44	0.53	0.49	0.48	79	95	-1.82
KNeighborsClassifier	trend3	0.53	0.48	0.57	0.49	0.55	79	95	27.21
GradientBoostingClassifier	trend3	0.57	0.52	0.62	0.59	0.55	79	95	49.4
XGBClassifier	trend3	0.47	0.44	0.52	0.59	0.37	79	95	-9.24
RandomForestClassifier	trend4	0.56	0.52	0.60	0.55	0.57	80	94	49.41
KNeighborsClassifier	trend4	0.47	0.42	0.51	0.42	0.50	80	94	1.02
GradientBoostingClassifier	trend4	0.53	0.5	0.57	0.46	0.60	80	94	43.07
XGBClassifier	trend4	0.49	0.45	0.54	0.49	0.51	80	94	18.22

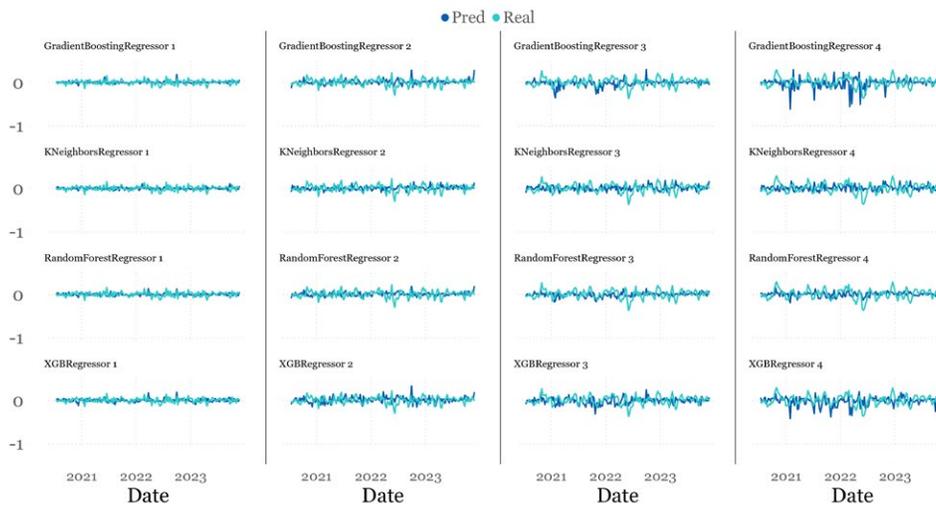
Source: Own elaboration

Table 7. Results of models for each return target variable

Model	Target	Absolute error	Profit
RandomForestRegressor	return1	4,65	-19,36
KNeighborsRegressor	return1	4,42	-6,55
GradientBoostingRegressor	return1	4,25	-4,62
XGBRegressor	return1	4,9	11,72
RandomForestRegressor	return2	7,25	-23,56
KNeighborsRegressor	return2	7,29	-16,84
GradientBoostingRegressor	return2	7,27	-31,87
XGBRegressor	return2	8,2	-17,56
RandomForestRegressor	return3	8,74	3,97
KNeighborsRegressor	return3	8,11	2,06
GradientBoostingRegressor	return3	9,16	22,62
XGBRegressor	return3	9,26	25,1
RandomForestRegressor	return4	9,71	33,11
KNeighborsRegressor	return4	9,22	15,1
GradientBoostingRegressor	return4	11,25	9,65
XGBRegressor	return4	11,7	14,01

Source: Own elaboration.

Figure 10. Predictions and real values from results for each return target

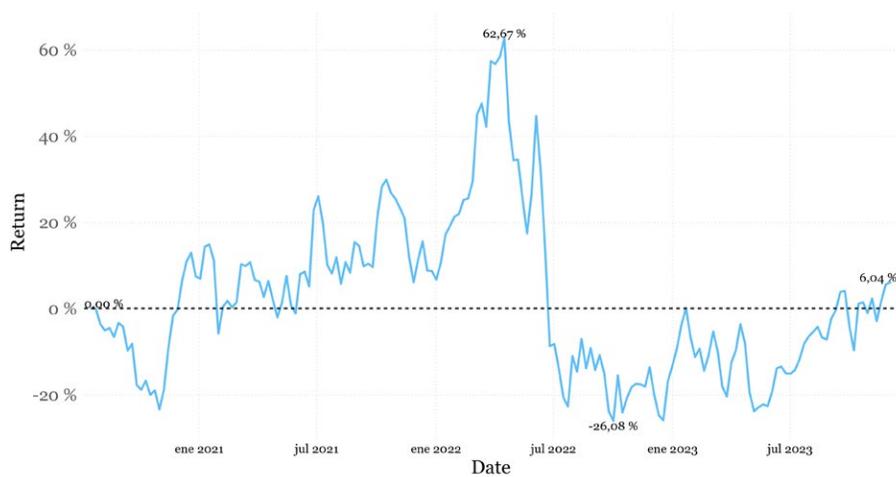


Source: Own elaboration.

4.6 Buy and Hold results

In Figure 11, the return without applying any strategy can be observed. A max return of 62.47% was reached and also a minimum of -26.08%. The final return was 6.04%, which is considerably lower than the return provided by the strategies derived from the proposed system.

Figure 11. Profit over time from buy and hold strategy



Source: Own elaboration.

5. Conclusions and future work

This research article presents a novel approach to predicting financial asset movements, specifically focusing on Ecopetrol stock, encompassing both trends and returns over various timeframes. The aim was to identify the potential of data and models, as well as to develop a profitable system within a specified period. By incorporating various sentiment calculations using the Vader and Finbert algorithms, along with the emergence of topics generated by a BERTopic model trained on historical data, relevant variables are identified for each of the target variables.

The metrics gathered from the results of these models and the strategy proposed for each timeframe reveal that utilizing news headlines through the proposed methods demonstrates better performance in 3 and 4-week periods compared to 1 and 2 weeks

(considering the opening price following the appearance of the news in the previous week). The best model found for predicting trends was GradientBoostingClassifier for week 3, with a profitability of 49.4% and an accuracy of 56%. For returns, the model RandomForestRegressor showed a profitability of 33.11% with an error of 9.71%, significantly outperforming the return generated by a buy-and-hold strategy, which was 6.04%. Based on these results, it is concluded that it is more useful, in terms of profitability, to make decisions based on trend predictions rather than returns, and also it is useful to incorporate topics and different calculations of sentiment.

While the overall accuracy of the models is limited—only slightly better than random guessing in a binary classification setting—the main objective of this study is to explore a novel methodology for integrating sentiment analysis into stock trend prediction. The method proposed in this study enhances understanding of topic modeling techniques and sentiment analysis in financial markets. It is recommended for future studies to replicate the methodology on other financial assets and consider not only headlines but also the body of articles. Additionally, conducting a more detailed analysis of the impact of topics on asset prices to identify potential news in the future is suggested.

6. References

1. Araci, D. (2019). Finbert: Financial sentiment analysis with pre-trained language models. <https://arxiv.org/abs/1908.10063>
2. Balaneji, F., & Maringer, D. (2022). Applying sentiment analysis, topic modeling, and xgboost to classify implied volatility. *2022 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics (CIFEr)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/CIFEr52523.2022.9776196>
3. Chen, W., Rabhi, F., Liao, W., & Al-Qudah, I. (2023). Leveraging state-of-the-art topic modeling for news impact analysis on financial markets: A comparative study. *Electronics*, 12(12), 2605. <https://doi.org/10.3390/electronics12122605>
4. Correia, F., Madureira, A., & Bernardino, J. (2022). Deep neural networks applied to stock market sentiment analysis. *Sensors*, 22(12), 4409. <https://doi.org/10.3390/s22124409>

5. García-Méndez, S., de Arriba-Pérez, F., Barros-Vila, A., González-Castaño, F. J., & Costa-Montenegro, E. (2023). Automatic detection of relevant information, predictions and forecasts in financial news through topic modelling with latent dirichlet allocation. *Applied Intelligence*, 53(16), 19610–19628. <https://doi.org/10.1007/s10489-023-04452-4>
6. Grootendorst, M. (2022). Bertopic: Neural topic modeling with a class-based tf-idf procedure. <https://arxiv.org/abs/2203.05794>
7. Iguarán Cotes, J. (2019). Aplicación de redes neuronales para predecir el precio de acciones en la bolsa colombiana. <http://hdl.handle.net/1992/44483>
8. Jing, N., Wu, Z., & Wang, H. (2021). A hybrid model integrating deep learning with investor sentiment analysis for stock price prediction. *Expert Systems with Applications*, 178, Article 115019. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115019>
9. Khan, W., Ghazanfar, M. A., Azam, M. A., Karami, A., Alyoubi, K. H., & Alfakeeh, A. S. (2022). Stock market prediction using machine learning classifiers and social media, news. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13(7), 3433–3456. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-01839-w>
10. López-Gaviria, J. I. (2019). Predictibilidad del mercado accionario colombiano. *Lecturas De Economía*, (91), 117–150. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n91a04>
11. Maqbool, J., Aggarwal, P., Kaur, R., Mittal, A., & Ganaie, I. A. (2023). Stock prediction by integrating sentiment scores of financial news and mlp-regressor: A machine learning approach. *Procedia Computer Science*, 218, 1067–1078. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.086>
12. Monroy-Perdomo, L., Cardozo-Munar, C. E., Torres-Hernández, A. M., Tena-Galeano, J. L., & López-Rodríguez, C. E. (2022). Formalization of a new stock trend prediction methodology based on the sector price book value for the colombian market. *Heliyon*, 8(4), Article e09210. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09210>
13. Palacio Roldan, J. (2022). Modelo de recomendación para inversión en acciones colombianas pertenecientes al índice colcap basado en análisis técnico y sentimiento del mercado local.

14. Shah, D., Isah, H., & Zulkernine, F. (2019). Stock market analysis: A review and taxonomy of prediction techniques. *International Journal of Financial Studies*, 7(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijfs7020026>
15. Wang, L., Huang, C., Gao, C., Ma, W., & Vosoughi, S. (2023). Joint latent topic discovery and expectation modeling for financial markets. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 13937, 45–57. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33380-4_4





Revista de Estudiantes de Economía / Número 8 / Enero-diciembre 2024

INTERCAMBIO

Nuevos choques de oferta, la misma política monetaria: la necesidad de indicadores microeconómicos de la inflación en América Latina

New supply shocks, same monetary policy: The need for microeconomic indicators of inflation in Latin America

.....
Camilo Esteban Miranda Robayo

E-ISSN 2619-6131



Nuevos choques de oferta, la misma política monetaria: la necesidad de indicadores microeconómicos de la inflación en América Latina*

**New supply shocks, same monetary
policy: The need for microeconomic
indicators of inflation in Latin America**

Camilo Esteban Miranda Robayo**

Resumen

A partir de 2021, América Latina ha vivido fenómenos inflacionarios a los que los Bancos Centrales han respondido con sus esquemas de inflación objetivo. Sin embargo, el hecho de que los impulsos mayoritarios de esas subidas de precios pudieran haber sido choques de oferta no solo pone en entredicho la efectividad de medidas como las subidas de tasas de interés, además revive el debate sobre sus impactos negativos en el tejido productivo y en la distribución funcional del ingreso. En este sentido, este trabajo busca destacar la necesidad de indicadores microeconómicos para la medición y descomposición



Intercamb. Rev. Estud.
Economía. N° 8
Enero-diciembre 2024
127 pp.
E-ISSN 2619-6131
pp. 125-147

* **Artículo recibido:** 21 de julio de 2024 | **aceptado:** 21 de febrero de 2025 | **modificado:** 21 de marzo de 2025

** Estudiante de Economía de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Correo electrónico: cmirandar@unal.edu.co

de los impulsos inflacionarios en la región, que permitan a las autoridades monetarias diferenciar sus estrategias de política frente a cambios en los niveles de precios con orígenes asimétricos. Se analizan datos de México, Colombia, Brasil, Chile, Paraguay y Perú, concluyendo que no parecen existir matices sobre el origen de la inflación en la reacción de las tasas de interés de los bancos centrales de la región.

Palabras clave: datos microeconómicos, choques de oferta, descomposición de la inflación, seller's inflation, América Latina.

Clasificación JEL: E31, E52, D63.

Abstract

Since 2021, Latin America has experienced inflationary phenomena to which Central Banks have responded using their inflation targeting frameworks. However, the fact that the main drivers of these price increases may have been supply shocks not only calls into question the effectiveness of measures such as interest rate hikes but also revives the debate on their negative impacts on the productive fabric and the functional distribution of income. In this context, this paper argues for the need for macroeconomic indicators to measure and decompose inflationary impulses in the region, which would enable monetary authorities to differentiate their policy strategies in response to price level changes originating from asymmetric sources. Data from Mexico, Colombia, Brazil, Chile, Paraguay, and Peru are analyzed, concluding that there do not appear to be nuances in the interest rate reactions of the region's central banks regarding the origin of inflation.

Keywords: microeconomic data, supply shocks, inflation decomposition, seller's inflation, Latin America.

JEL classification: E31, E52, D63.

1. Introducción

“What [the Fed] can control is demand; we can’t really affect supply with our policies... so the question of whether we can execute a soft landing or not may actually depend on factors that we don’t control.”
-Jerome Powell, Presidente de la Reserva Federal¹.

Los choques externos e internos que han afectado a América Latina, como las interrupciones en las cadenas de suministros globales y las afectaciones climáticas que alteraron ciclos agrícolas, entre otros, han sido señalados por muchas voces como un factor clave para explicar los elevados niveles de precios que ha vivido el mundo y la región desde 2021 (Salazar et al., 2024). Sin embargo, existe un consenso entre muchas instituciones académicas, del sector privado y oficiales respecto a que la labor de los Bancos Centrales es controlar el nivel de precios, independientemente de su causa, y cuando este se cuestiona, sus defensores reiteran los males de la inflación, su condición como el impuesto más regresivo de todos y su afectación a los más vulnerables². Pero ¿qué ocurre si el nivel de precios no siempre se comporta como un impuesto, es decir, si no responde siempre a cambios desequilibradores de la masa monetaria? O peor aún, ¿qué tal si los mecanismos de inflación objetivo en contextos de choques de oferta llevan a la política monetaria a perpetuar momentos de crisis y vulnerabilidad económica?

Para responder a ese tipo de preguntas, se requiere poder medir de forma constante los impulsos de oferta y de demanda, con su respectivo peso, que componen los cambios en los niveles de precios en nuestra región. A pesar de que estos esfuerzos de medición ya se han iniciado en zonas monetarias como Estados Unidos y la Unión Europea, como se expondrá más adelante, en regiones como América Latina el Índice

1. Tomado de una entrevista realizada al Presidente de la Fed en mayo de 2022 citada por Shapiro (2022).

2. Véase, por ejemplo, la Nota de dos co-directores del Banco de la República de Colombia sobre Política Monetaria y Choques de Oferta (Toboaca & Villamizar, 2024).

de Precios al Consumidor (IPC de aquí en adelante) sigue siendo la variable disponible por excelencia³, mientras que la información para descomponer su configuración es mucho más limitada. Recopilar información desagregada y ponerla a disposición de la investigación económica resulta una necesidad, si se entiende que, ante choques de oferta, algunos instrumentos de los bancos centrales pueden resultar regresivos, entorpecer el crecimiento y no estar afectando los impulsos inflacionarios.

Para dar cuenta de esa necesidad y de los avances metodológicos que se han hecho al respecto, me propongo (ii) hacer una revisión de cómo la disciplina económica ha investigado la falta de flexibilidad de los esquemas de inflación objetivo frente a choques de oferta, (iii) exponer dos metodologías prometedoras de uso de datos microeconómicos para la medición del impacto de choques de oferta en la inflación y sus mecanismos de persistencia, (iv) hacer un análisis breve de los datos de Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Paraguay de tres periodos anuales antes y después de pandemia, para evaluar si la política monetaria de esos países ha tenido en cuenta sus choques de oferta, y (v) finalmente ofrecer una conclusión.

2. Revisión de Literatura

Tanto desde la síntesis neo-keynesiana que vio nacer los esquemas de inflación objetivo, donde se usan esquemas similares a la regla de Taylor, como desde otras corrientes teóricas, desde las poskeynesianas a las estructuralistas, se ha elaborado una amplia literatura sobre cómo la política monetaria en el mundo tiene o no margen de maniobra para adaptarse a los nuevos datos y a las nuevas evidencias sobre la comprensión de los fenómenos inflacionarios, en específico sobre los impactos que tienen los choques de oferta. En esta sección revisamos estudios de alternativas a las

3. En la región sí se usan medidas de inflación básica como el IPC sin alimentos o sin regulados, con el propósito de descartar los cambios coyunturales de precios en ítems que pueden ser causados por fenómenos climáticos, políticos o sociales fuera del control de la política monetaria. Además de los problemas teóricos que tiene asumir el corto plazo imperante en estos hechos y la “eliminación de la perturbación” con la selección de determinados productos, estas mediciones reproducen la idea de que hay que excluir los fenómenos no-monetarios en el monitoreo de la inflación por parte de los bancos centrales, en lugar de incorporarlos.

políticas de inflación objetivo ancladas al IPC y modelos que buscan medir los efectos de choques de oferta y demanda en la inflación.

Bénassy (2011), por medio de un modelo de equilibrio general estocástico dinámico (DSGE por sus siglas en inglés), estudia una economía que se enfrenta tanto a choques de demanda como de oferta. En este escenario, al reemplazar la regla de inflación objetivo por una regla de empleo objetivo, el autor encuentra que en la sociedad se obtiene más bienestar, sobre todo en el panorama de choques de oferta. A conclusiones similares llegan Wei y Xie (2020), quienes utilizando un modelo neokeynesiano de economía pequeña y abierta con múltiples etapas de producción, concluyen debido a la importancia de las cadenas de valor globales, incluir como objetivos de política además del IPC, el Índice de Precios al Productor (IPP), la brecha en la producción, choques de oferta, y el tipo de cambio real.

Y es que, a pesar de que la política de inflación objetivo ha sido responsabilizada de la estabilidad de precios característica de principios del siglo XXI, este supuesto también ha sido cuestionado. Shewerhoff & Sy (2014) han encontrado evidencia econométrica de que gran parte de esa estabilidad de precios se debió a factores no monetarios. Así, el punto cumbre de globalización alcanzado, la disminución de costos subsecuentes y la capacidad de mantener estancados los salarios fueron fundamentales. Los autores llegaron a estos resultados al preguntarse cómo la estabilidad en niveles de precios se estaba dando incluso en países sin autoridades monetarias independientes del poder ejecutivo.

Medir la presencia de esos choques de oferta y su impacto en la inflación en América Latina ha sido un enfoque adelantado desde antes de la pandemia. Camacho & Gonzáles (2020) avanzan en este sentido proponiendo el uso de un VAR estructural (SVAR) con restricción de signos para medir el impacto de la crisis de oferta por los *commodities* de 2015. Los autores identificaron que el choque de oferta generó la mayor parte del crecimiento inflacionario en la región en el período 2014-2016, resaltando la debilidad de una política monetaria ante estos escenarios cuyo instrumento predilecto sea la Tasa de Interés de Política Monetaria (TIPM).

Por la misma línea, pero estudiando un periodo anterior, Ocampo & Ojeda-Joya (2022) usan un panel bayesiano VAR para estudiar 24 economías del mundo, encontrando que la política monetaria tendió a ser más procíclica entre 2004-2019 en economías en desarrollo, sobre todo después de choques de oferta. De nuevo la globalización juega un papel en la debilidad de la política monetaria para afrontar choques de oferta externos ya que, en términos de los autores, el alto grado de transmisión de los *shocks* externos al tipo de cambio real, induce a que una política monetaria que actúa bajo el IPC sea en todos los casos procíclica, agravando la temporalidad de las subidas de precios.

Estas preocupaciones, sobre estas consecuencias indeseables de la acción previsoría de los bancos centrales ante la inflación, es compartida por Fornaro & Wolf (2023), quienes argumentan que estas respuestas procíclicas por parte de las autoridades monetarias pueden terminar aumentando la inflación en el corto plazo. Si no hay coordinación con la política fiscal para apoyar los negocios y sostener la inversión, la capacidad productiva de la economía puede menguar, generando efectos de cicatrización que no solo reducen el nivel de producción de manera permanente, sino que también pueden reforzar y prolongar las presiones inflacionarias derivadas de los choques de oferta. En este contexto, una respuesta estrictamente contractiva por parte de la política monetaria podría profundizar estas dinámicas adversas, agravando tanto la caída de la demanda agregada como el estancamiento del crecimiento en el mediano plazo.

De esta manera, se constata que existe bastante literatura que ha identificado problemas relacionados con las variables que la política monetaria de muchos bancos centrales concienzudamente omite. Se vuelve así clara la necesidad de medir los impactos de choques de oferta en dinámicas inflacionarias, pero ¿buscar medirlos con variables macroeconómicas es suficiente?

3. La necesidad de datos microeconómicos para desentrañar la inflación

En esta sección se abordan dos metodologías con sus respectivos marcos teóricos desarrollados recientemente por Shapiro (2024) y Weber & Wasner (2023) para medir, por una parte, el peso de los choques de oferta y demanda en los fenómenos inflacionarios, y por otra parte, cómo los salarios y beneficios empresariales pueden reaccionar frente a estos aumentos de costos, ampliando y manteniendo en muchos casos los efectos de los choques de oferta en el aumento del nivel de precios.

El propósito de esta explicación es dar cuenta de la potencial utilidad de la construcción de bases de datos públicas de este tipo de inflación económica en América Latina.

3.1 Descomposición de la inflación en sus impulsos.

Una de las mayores dificultades a la hora de evaluar la Política Monetaria de los Bancos Centrales en América Latina es que, si bien estos reconocen en su mayoría que sus intervenciones tienen pocos efectos frente a choques de oferta, como desastres naturales o rompimientos en las cadenas de suministros, a todo fenómeno de subida de precios se le sigue atribuyendo un importante impulso por el lado de la demanda, lo que permite que sea viable atacar la inflación subiendo tasas de interés o retirando efectivo de la economía al subir encajes, entre otras medidas restrictivas de la cantidad de dinero en circulación. Pero ¿debería reaccionar la autoridad monetaria de la misma forma ante subidas de precios con orígenes de oferta y demanda asimétricos?

Para dar una respuesta a lo anterior, se necesita poder medir la proporción en que una subida de precios es impulsada por cambios en la oferta, frente a la responsabilidad que tengan los cambios en la demanda. Conseguir esta medición es lo que propone Shapiro (2024) con su metodología de desagregación de la demanda en sus componentes impulsores. Shapiro parte una intuición básica de la teoría neoclásica; en un mercado determinado por fuerzas de oferta y demanda, un desplazamiento de la curva de demanda conllevará a un cambio del mismo signo en precios y cantidades, mientras que un desplazamiento de la curva de oferta implicará cambios en precios y

cantidades con signo inverso. Este razonamiento no es nuevo, pero lo interesante es su uso para modelar datos microeconómicos en lugar de variables macroeconómicas. Así, para cada sector i de la economía se definen las siguientes curvas:

$$q_i = \theta^i p_i + \alpha^i \quad (1)$$

$$p_i = \delta^i q_i + \beta^i \quad (2)$$

Donde q_i son cantidades o consumo real, p_i es el nivel de precios, y los demás son pendientes e interceptos de la curva de oferta (1) y la curva de demanda (2). Al incluir temporalidad, los choques de oferta (ε^s) y de demanda (ε^d) pueden definirse como

$$\varepsilon_i^s = \Delta \alpha^i = (q_{i,t} - \theta^i p_{i,t}) - (q_{i,t-1} - \theta^i p_{i,t-1}) \quad (3)$$

$$\varepsilon_i^d = \Delta \beta^i = (\delta^i q_{i,t} + p_{i,t}) - (\delta^i q_{i,t-1} + p_{i,t-1}) \quad (4)$$

Como en otras metodologías, para estimar estos choques Shapiro propone la inclusión de las series de tiempo de cada sector en un VAR estructural (SVAR) de la forma reducida:

$$z_{it} = [A^i]^{-1} \sum_{j=1}^N A_j^i z_{i,t-j} + v_{i,t} \quad (5)$$

Donde z_i es un vector columna de precios y cantidades, A_i es una matriz 2x2 que contiene las pendientes y v_i es un vector columna con los choques estructurales que se recuperan de los residuos originales con la transformación $\varepsilon_{i,t} = A^i v_{i,t}$. La razón principal de esta transformación es que la forma reducida de las regresiones no captura de manera directa los choques estructurales, sino que los residuos representan una combinación de estos choques. Por lo tanto, la transformación citada se emplea para “descomponer” estas combinaciones en sus partes estructurales utilizando las restricciones de signos impuestas. Así, se puede identificar si las variaciones en precios y cantidades se deben predominantemente a choques de oferta o de demanda

En términos concretos, matriz A_i contiene la restricción de signos necesarios para identificar los choques estructurales en v_{it} , a saber:

$$A^i = \begin{pmatrix} 1 & -\theta^i \\ \sigma^i & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

En este sentido, Shapiro (2024) establece la siguiente regla de clasificación:

$$\nu_{i,t}^p > 0, \nu_{i,t}^q > 0 \rightarrow \varepsilon_{i,t}^d > 0 \quad (7)$$

$$\nu_{i,t}^p < 0, \nu_{i,t}^q < 0 \rightarrow \varepsilon_{i,t}^d < 0 \quad (8)$$

$$\nu_{i,t}^p < 0, \nu_{i,t}^q > 0 \rightarrow \varepsilon_{i,t}^s > 0 \quad (9)$$

$$\nu_{i,t}^p > 0, \nu_{i,t}^q < 0 \rightarrow \varepsilon_{i,t}^s < 0 \quad (10)$$

La regla se puede resumir bajo la consigna de que los residuales con diferente signo sugieren un choque de oferta para el período, mientras que los residuales con el mismo signo sugieren un choque de demanda. Al realizar este ejercicio para cada uno de los sectores disponibles, lo que representa el componente microeconómico de la metodología, el propósito de la medida no es dimensionar el tamaño de los choques, sino su participación en la subida de precios por medio del peso que cada uno de los sectores evaluados desempeña allí. Al igual que los modelos SVAR de variables macroeconómicas, esta metodología no permite identificar las diferentes proporciones en las que un choque de oferta y demanda afectan los precios de un sector, sino solamente resaltar cuál es el choque dominante. No obstante, al ser la unidad de análisis más pequeña, este enfoque sí permite dimensionar las proporciones del impacto de fuerzas de oferta y demanda en la elevación de los precios en un período dado.

Es aquí donde cobran importancia los datos microeconómicos. Para su estudio, Shapiro (2024) hace uso del *personal consumption expenditure* (PCE), un indicador y conjunto de datos proporcionado por el Bureau of Economic Analysis (BEA) para los Estados Unidos. Este indicador ofrece datos mensuales sobre las cantidades, precios

y gastos registrados en diferentes sectores de la economía norteamericana, con hasta cuatro niveles de desagregación y un total de 129 categorías disponibles. El valor agregado de esta aproximación es que se termina construyendo un indicador histórico y actualizable mensualmente de las fuerzas económicas que se encuentran detrás del nivel de precios, especificando sectores concretos.

Shapiro (2022) encuentra, con esta propuesta de seguimiento microeconómico de la inflación, que los niveles de precios posteriores a la pandemia de 2020 han venido adquiriendo un importante impulso de cambios en la oferta. Antes de la COVID-19, el investigador identifica que, en Estados Unidos, sectores como la electricidad, el transporte y la producción de automóviles solían experimentar impulsos de demanda dominantes. Sin embargo, después de la pandemia y, sobre todo, a partir de 2021, estos sectores experimentan subidas de precios explicadas por impulsos de oferta.

Esta metodología ha sido replicada por el Banco Central Europeo (BCE), donde se ha encontrado, de forma similar, que la inflación europea desde 2021 ha venido siendo explicada cada vez en mayor proporción por factores de oferta (Lane, 2023). Del mismo modo, el FMI ha usado el modelo para descomponer los niveles de precios entre 2019 y 2023 en Europa, Estados Unidos y Asia (Firat & Hao, 2023), evidenciando el mayoritario peso que están adquiriendo los impulsos de oferta en la subida de precios. El motivo por el que estos cálculos no se hacen para la mayoría de países en desarrollo, incluida América Latina, es la falta de disponibilidad de datos microeconómicos como los recogidos por el PCE.

3.2 Persistencia de choques de oferta: ¿un asunto de beneficios y salarios?

Shapiro (2022) sostiene que reconocer los choques de oferta es importante porque las presiones inflacionarias nacidas de los mismos no se detendrán hasta que fenómenos como la escasez de mano de obra, cortes en la producción y retrasos en los envíos se solucionen. Sin embargo, ahí no acaban los mecanismos de dispersión y persistencia de los choques de oferta. Los agentes económicos en nuestras economías no tienen capacidades iguales para afectar los mercados, por lo que aquellos que cuentan con

posiciones de monopolio o poder de mercado pueden intentar sacar provecho de las presiones inflacionarias, provocando la persistencia de sus efectos incluso cuando los fenómenos causales del choque ya hayan pasado.

Medir esas capacidades de perpetuar choques de oferta inflacionarios en la economía por parte de los agentes es lo que busca hacer la metodología propuesta por Weber y Wasner (2023), que recupera para la discusión contemporánea el concepto de Seller's Inflation, que ya había propuesto a mediados del siglo el economista Abba Lerner (1960):

While buyers' inflation is caused by too much spending, i.e., by buyers trying to buy more goods than are available and thereby bidding up prices, sellers' inflation is caused by sellers raising prices even in the face of a deficiency of spending. A failure to distinguish between the two types of inflation aggravates a problem which has become a serious threat to democratic society (p.2)

En efecto, Weber y Wasner encuentran evidencia de que los choques de oferta que han impulsado los más recientes crecimientos de los niveles de precios pos-pandemia habrían sido profundizados y sostenidos por presiones de las empresas en Estados Unidos que han aumentado su margen de beneficios. El esquema teórico propuesto por los autores, que podríamos identificar con la escuela postkeynesiana y del estructuralismo económico, es el siguiente: pueden identificarse tres etapas características de un fenómeno de inflación por vendedores; (i) el impulso, que en este caso responde a choques de oferta en términos de costos, (ii) la propagación y la amplificación del impulso inicial, y (iii) finalmente la etapa de conflicto, que responde al intento de los trabajadores de recuperar sus pérdidas en los salarios reales.

Al igual que otros autores como Schwehoff y Sy (2004), Weber y Wasner encuentran la explicación de la estabilidad de precios pre-pandemia en la disminución de costos por la globalización. El choque de la COVID-19 cambia esa dinámica, con un primer escenario de decrecimiento y deflación en precios de materias primas, llevando a peculiaridades económicas como precios negativos, y un segundo escenario de elevación de los precios acompañando la recuperación productiva.

Los problemas de cuellos de botella en las cadenas de suministros crearon monopolios temporales por parte de corporaciones que no dudaron en aprovechar su posición privilegiada en el mercado. Todo esto incentivó a las firmas a proteger sus beneficios con alzas de precios, que se hicieron sin temor a perder cuotas de mercado, tanto por la coordinación implícita entre competidores como por la legitimidad que tuvieron algunas de esas alzas entre el público, dado el contexto en el que los noticieros trataban los problemas en las cadenas de comercio global con recurrencia.

Lo anterior permitió la propagación de las subidas de precios entre varios sectores, superando los efectos iniciales que hubiera tenido el choque de oferta en un entorno teóricamente competitivo. Finalmente, la persistencia de estas subidas en los niveles de precios activa la etapa del conflicto distributivo, donde, ante el encarecimiento del nivel de vida, los trabajadores tratan de recuperar su participación en el ingreso nacional. Este periodo de traslado del ingreso del trabajo al capital puede motivar un intento de revertir la situación con un periodo de pugnas por el aumento de los salarios, que a su vez, puede terminar prolongando aún más el periodo inflacionario. Se entiende así que la respuesta de los agentes a choques de oferta puede ser mucho más compleja que lo que predicen los modelos neo-keynesianos estándar, llevando a una persistente subida de precios como la vivida en 2022, a pesar de las políticas monetarias restrictivas aplicadas casi al unísono alrededor del mundo.

Para medir los impactos de este fenómeno, Weber y Wasner usan el Gross Value Added (GVA), un indicador y conjunto de datos también construido por el mencionado Bureau of Economic Analysis (BEA) para la economía estadounidense, de donde utilizan la información reportada para el valor agregado del sector no financiero (NFCB). La participación de cada sector del ingreso en la presión inflacionaria se calcula como sigue:

$$\text{Captura de Beneficios} = 100 \cdot \frac{\text{Beneficio}_{t_1}^D - \text{Beneficio}_{t_0}^D}{\text{GVA}_{t_1}^D - \text{GVA}_{t_0}^D} \quad (11)$$

$$\text{Captura de Salarios} = 100 \cdot \frac{\text{Salario}_{t_1}^D - \text{Salario}_{t_0}^D}{\text{GVA}_{t_1}^D - \text{GVA}_{t_0}^D} \quad (12)$$

Como resultado, y a pesar de que históricamente entre 1983 y 2019 los salarios superaron por algunos puntos porcentuales a los beneficios en la captura del incremento de los precios, Weber y Wasner (2023) identifican que, desde 2021, los beneficios se han convertido en el contribuyente mayoritario de las presiones inflacionarias vividas en la economía estadounidense, capturando el 51,4 % de la subida de precios vivida en los tres primeros trimestres de 2022⁴. Sin embargo, de forma consecuente con el marco teórico defendido por los autores, los salarios han venido recobrando terreno, en línea con la etapa de conflicto distributivo⁵.

Al igual que la metodología anterior, esta también se ha aplicado en otros escenarios. El FMI aplicó la metodología para Estados Unidos, Canadá y Reino Unido usando sus cuentas nacionales (Hansen, 2023), y la OCDE usó como alternativa el deflactor del PIB para medir la presión inflacionaria de beneficios y salarios para nueve de sus economías, en Europa y Norteamérica (OCDE, 2023). En Latinoamérica, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Colombia publicó recientemente una aplicación de la metodología, recurriendo también a la descomposición del PIB para medir las presiones inflacionarias correspondientes a costos laborales y al aumento de las utilidades empresariales en la economía colombiana (Salazar et al., 2024). Este documento encontró que, a diferencia de la economía estadounidense, los beneficios han sido protagonistas en prácticamente todas las presiones inflacionarias en Colombia desde 1972, pasando de un promedio del 55 % en la época pre-pandemia a un 77 % para 2021 y 2022.

3.3 ¿Qué datos necesitan los indicadores microeconómicos?

Cuando hablo de indicadores microeconómicos, en lugar de macroeconómicos, me refiero a aquellos indicadores cuya agregación no evita que se puedan identificar aspectos clave como cantidades producidas por sectores o ingresos apropiados por el capital o el

4. Para una visualización gráfica del fenómeno, consulte la Figura 2 en Weber y Wasner (2023).

5. En este estadio del análisis, los trabajadores presionan por alzas salariales, ya sea por medio de presiones directas a sus empleadores por medio de formación de sindicatos, convenios colectivos y/o huelgas, o por medio del apoyo electoral a fuerzas políticas que promueven el alza del salario mínimo, de las condiciones laborales y de la fiscalidad progresiva, entre otras medidas.

trabajo. Al resolver un modelo simple de microeconomía neoclásica (ya sea equilibrio parcial o general) siempre se pueden identificar cantidades y las partes del ingreso que van al capital y al trabajo. Cuando se construye el IPC o el PIB, es posible descomponer por sectores industriales pero solamente en su aporte porcentual al dato monetario final.

El *Personal Consumption Expenditure* (PCE), calculado por el BEA en Estados Unidos, permite descomponer por sectores industriales las cantidades producidas en paralelo con los precios, lo que da pie la posibilidad de hacer contrastaciones empíricas de aseveraciones de que fenómenos inflacionarios responden a un exceso de la demanda, usando metodologías como la propuesta por Shapiro (2022). Por su parte el *Gross Value Added* (GVA) ofrece información sobre el sector real de la economía, que junto con la disponibilidad de datos sobre los beneficios y los salarios en las Cuentas Nacionales de Ingreso y Producto (NIPA) de Estados Unidos, constituyen los insumos necesarios para hacer un monitorio empírico de la presencia del fenómeno de *Seller's inflation*.

Poder construir indicadores como estos, alimentados con datos microeconómicos y no con series macroeconómicas, para mayor precisión y capacidad de actualización, que den luces sobre estas participaciones de los ingresos en las presiones inflacionarias en los países de América Latina, resulta esencial en la medida en que los escenarios de choques de oferta parecen ser los que facilitan la aparición de fenómenos de inflación del vendedor. Todo con el objetivo de que los Bancos Centrales regionales puedan considerar estos datos a la hora de decidir su política monetaria, adelantándose a sus sesgos distributivos.

4. Análisis de datos: choques de oferta y respuestas de Bancos Centrales en América Latina

En esta sección busco identificar los trimestres en los que las economías de Brasil, Perú, Colombia, México, Paraguay y Chile, en los periodos 2017-2019 y 2020-2022⁶, pudieron haber vivido choques de oferta dominantes sobre choques de demanda, diferenciados

6. La selección de países se hace en función de la disponibilidad de las tres variables en el Sistema de Información Económico del Fondo latinoamericano de reservas, para facilitar homología y la selección de periodos se realiza con la intención de comparar hechos prepandemia y postpandemia de la misma duración cronológica, 3 años.

como periodos pre y postpandemia. Como se explicó anteriormente, el enfoque microeconómico de curvas y diferencia de signos no permite identificar la proporción de cada choque, sino su dominancia. Aquí uso las variables macroeconómicas disponibles para hacer una aproximación a dicho enfoque: la tasa de crecimiento del PIB real trimestral interanual, la inflación al final del trimestre y la Tasa de Interés de Política Monetaria (TIPM) al cierre del mismo período para cada economía (FLAR, 2024).

Siguiendo la regla de signos sobre la tendencia del crecimiento del PIB y de la inflación, se obtiene la Figura 1, donde para cada uno de los países se representan las series de tiempo del PIB real y la inflación, marcando con un área gris aquellos periodos que clasificamos como con choques de oferta dominantes. A simple vista, puede verse que, con excepción de Brasil, la mayoría de países cuenta con periodos de choques de oferta concentrados en la postpandemia.

En la Figura 2 se puede ver consolidada la información respecto al porcentaje que ocuparon los trimestres con choques de oferta dominantes durante todo el período en cada país. Se resalta que Brasil, México, Perú y Paraguay experimentaron un mayor porcentaje de tiempo con choques de oferta dominantes, mientras que Chile y Colombia vivieron el escenario contrario. Cruzando estos datos con las TIPM al final de cada trimestre, se obtiene la Figura 3, donde aparecen representados los puntos porcentuales promedio de Tasa de Interés aplicada por los Bancos Centrales por cada punto porcentual (pp) promedio de inflación, discriminando los periodos dominados por choques de oferta de los periodos dominados por choques de demanda.

Se encuentra que, con excepción de Colombia y Paraguay, los demás países contaron con TIPM relativamente más altas en periodos de oferta, frente a periodos con choques de demanda dominantes. Debido a que, incluso en Colombia y Paraguay, la diferencia fue de apenas 0,08 pp y 0,24 pp, se evidencia que no parece haber una política monetaria en la región que matice la reacción de la TIPM frente a fenómenos inflacionarios con impulsos de demanda dominantes frente a fenómenos similares, pero con impulsos de oferta dominantes.

5. Conclusiones

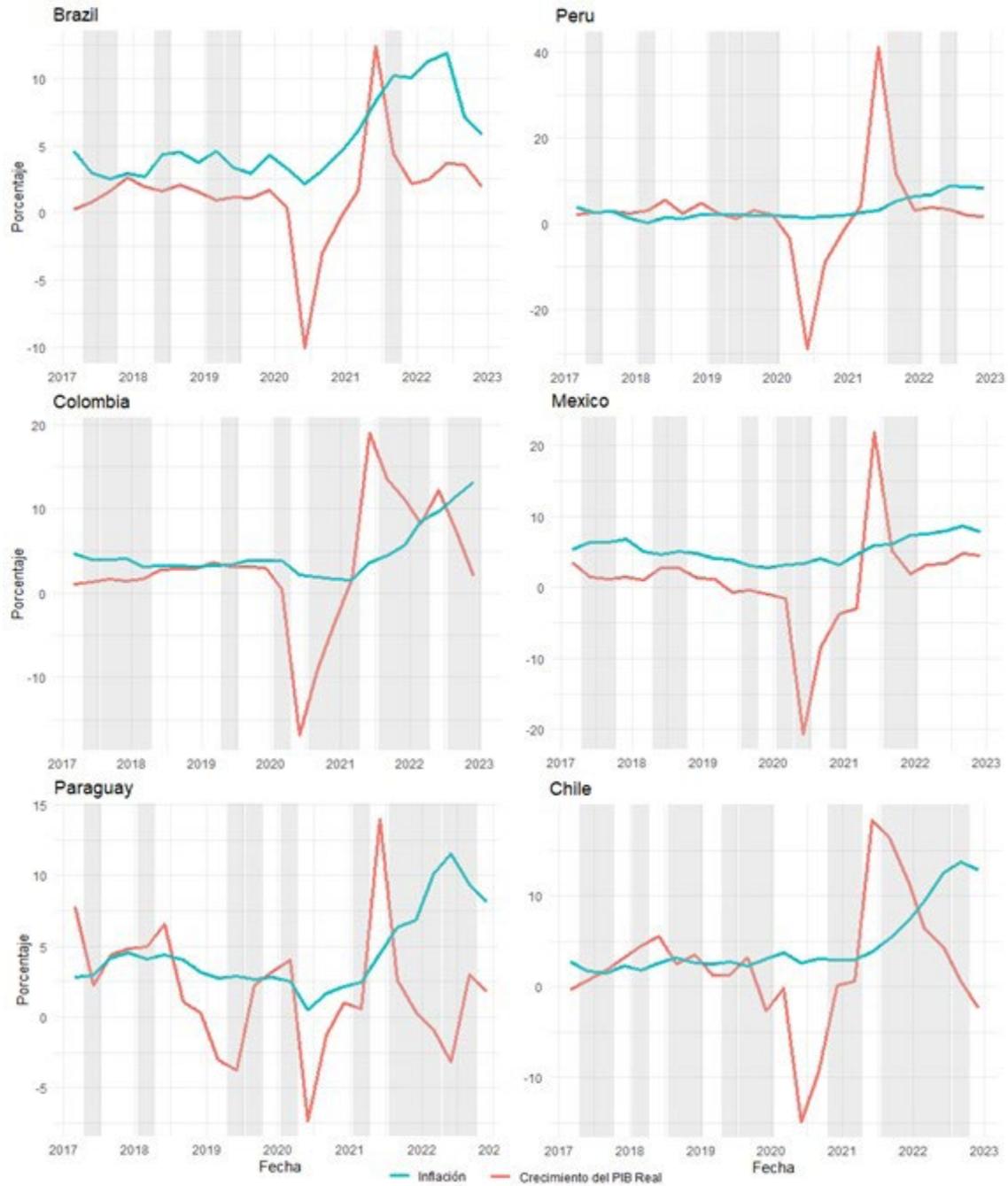
El mundo parece alejarse de las proyecciones macroeconómicas donde las fuerzas inflacionarias se explican únicamente por fenómenos monetarios y por impulsos fiscales de gobiernos de turno. El cambio climático traerá cada vez más desastres ambientales y cambios en las vocaciones productivas de los suelos (World Economic Forum, 2023). Las tensiones en la geopolítica mundial pueden llevar a más conflictos y, por tanto, a posibles cortes en las cadenas de producción mundial⁷. Ante este posible panorama la política monetaria de los Bancos Centrales de América Latina debe entonces ser capaz de adaptarse a estos constantes choques de oferta que muy probablemente acechen nuestras economías y sus objetivos inflacionarios.

La construcción de bases de datos públicas y actualizadas, referentes a la desagregación por precio y cantidades de los sectores que componen los datos inflacionarios, así como la recopilación de datos sobre el estado de los beneficios empresariales y los salarios en nuestras economías, será de vital importancia no solo para que las autoridades monetarias identifiquen el alcance que podrán tener sus instrumentos de política monetaria ante choques de oferta, evitando asfixiar el tejido productivo a niveles innecesarios, sino también para que se pueda medir y reconocer el posible sesgo distributivo al que puedan llevar sus acciones, disminuyendo las transferencias de riqueza de los que menos a los que más tienen en tiempos de crisis.

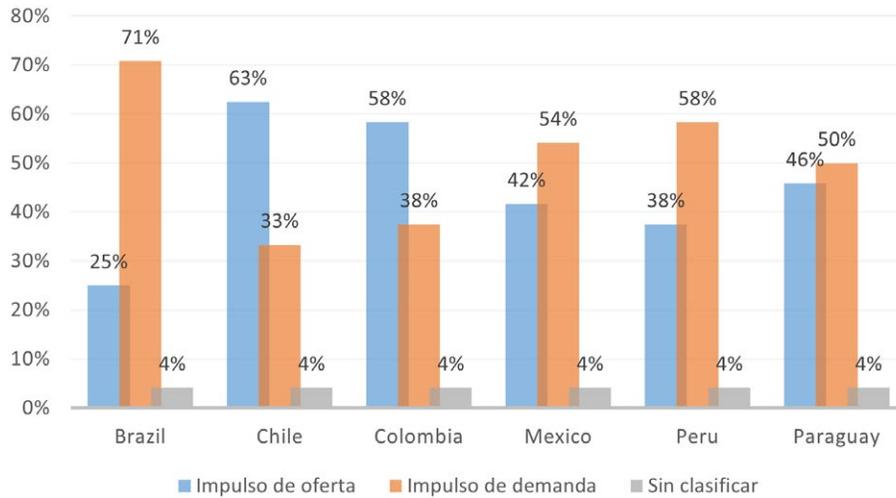
Esta sofisticación de la Política Monetaria, que solo será posible de la mano de la cooperación y el intercambio de información entre los bancos centrales de la región, será una condición necesaria para que nuestros países cuenten con todas las herramientas de política posibles para enfrentar los desafíos que aún tiene por traer el siglo XX.

7. Al observar los conflictos fronterizos entre China e India, las tensiones por la soberanía sobre el Mar de China Meridional, la cuestión de la independencia de Taiwán, el genocidio en Palestina y sus consecuencias en el tránsito del Mar Rojo, puede identificarse que los principales conflictos geopolíticos mundiales afectan las principales rutas de comercio del mundo.

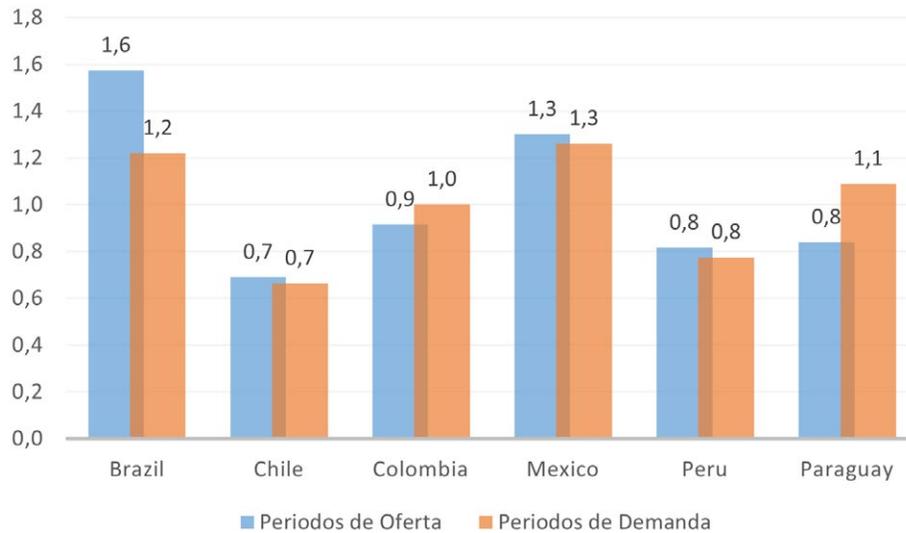
Figura 1. Posibles periodos de dominancia de los choques de oferta en América Latina.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIE-FLAR.

Figura 2. Porcentaje de periodos dominados por impulsos de oferta (2017-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos del SIE-FLAR

Figura 3. Promedio de Puntos porcentuales de TIPM por cada punto porcentual de Inflación (2017-2022)

Fuente: Elaboración propia con datos del SIE-FLAR

Referencias

1. Bénassy, J. (2011). *Employment targeting*. Paris-Jourdan Sciences Economiques. Working Paper No. 2006-20. https://hal.science/PJSE_WP/halshs-00590456v1
2. Camacho, F., & Gonzáles, J. (2020). Política monetaria y choques de oferta: El fin del super-ciclo de commodities en América Latina. *Revista de Economía de Centroamérica y República Dominicana*, Volumen I. <https://www.secmca.org/recard/index.php/recard/article/view/164#:~>
3. Firat, M., & Hao, O. (2023). Demand vs. Supply Decomposition of Inflation: Cross-Country Evidence with Applications. *IMF Working Papers*. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/09/28/Demand-vs-539665>
4. Fondo Latinoamericano de Reservas [FLAR]. (2024). *Sistema de Información Económica - SIE*. <https://flar.com/sie/>
5. Fornaro, L., & Martin, W. (2023). The scars of supply shocks: Implications for monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 140(Supplement). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393223000417>
6. Hansen, N. (2023). Euro Area Inflation after the Pandemic and Energy Shock: Import Prices, Profits and Wages. *IMF Working Papers*. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/06/23/Euro-Area-Inflation-after-the-Pandemic-and-Energy-Shock-Import-Prices-Profits-and-Wages-534837>
7. Lane, P. (2023, March 6). Underlying inflation. *Lecture by Philip R. Lane, Member of the Executive Board of the ECB, Trinity College Dublin*. <https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2023/html/ecb.sp230306~57f17143da.en.html>
8. Lerner, A. (1960). On Generalizing the General Theory. *The American Economic Review*. 50(91), 121-143. <https://www.jstor.org/stable/1813464>
9. New York Times. (2020, April 21). What the Negative Price of Oil Is Telling Us. <https://www.nytimes.com/2020/04/21/upshot/negative-oil-price.html>
10. Ocampo, J., & Ojeda-Joya, J. (2022). Supply shocks and monetary policy responses in emerging economies. *Latin American Journal of Central Banking*, 3(4). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666143822000254>

11. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2023). *OECD Economic Outlook*, 2023(1). https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook/volume-2023/issue-1_ce188438-en
12. Salazar, J., Osorio, C., Santaella, J., Rivera, V., Rivera, S., Castañeda, F., Herrera, J., & Sánchez, S. (2024). Seller's inflation en Colombia. *Notas Macroeconómicas*. Dirección General de Política Macroeconómica, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=/ConexionContent/WCC_CLUSTER-236235
13. Schewerhoff, G., & Sy, M. (2014). The non-monetary side of the global disinflation. *Oven Economic Review*, 25, 337-371. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11079-013-9283-7>
14. Shapiro, A. (2022). How Much Do Supply and Demand Drive Inflation? *Research from the Federal Reserve Bank of San Francisco*. <https://www.frbsf.org/wp-content/uploads/el2022-15.pdf>
15. Shapiro, A. (2024). *Decomposing Supply and Demand Driven Inflation* (Working Paper 2022-18). Federal Reserve Bank of San Francisco. <https://doi.org/10.24148/wp2022-18>
16. Toboada, B., & Villamizar, M. (2024). La reacción óptima de la política monetaria ante choques de oferta y la coordinación entre la política monetaria y el desempeño de la economía en general. *Nota de Co-directores Banco de la República*. https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/nota-taboada-villamizar-2023_0.pdf
17. Wei, S., & Xie, Y. (2020). Monetary Policy in an Era of Global Supply Chains. NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH, Working Paper No. 26602. <https://www.nber.org/papers/w26602>
18. Weber, I., & Wasner, E. (2023). Sellers' inflation, profits and conflict: Why can large firms hike prices in an emergency? Working Paper No. 2023-2, University of Massachusetts, Department of Economics, Amherst, MA. <https://doi.org/10.4337/roke.2023.02.05>

19. World Economic Forum. (2023). *Climate change is accelerating the global food crisis. We must act now to protect the most vulnerable*. <https://www.weforum.org/agenda/2023/07/climate-change-is-accelerating-the-global-food-crisis-we-must-act-now-to-protect-the-most-vulnerable/>

