Incidencia del riesgo biológico SARS-COV-2 (COVID-19) en los rendimientos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia (BVC) en los años 2020-2022.

Housseman Steven Ramos Zambrano.

Universidad de Nariño

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas (FACEA)

Maestría en Finanzas

San Juan de Pasto

2022

Incidencia del riesgo biológico SARS-COV-2 (COVID-19) en los rendimientos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia (BVC) en los años 2020-2022.

Housseman Steven Ramos Zambrano.

Trabajo de grado presentado en modalidad de investigación como requisito para optar al título de Magister en Finanzas

Directora

PhD. Nini Johana Marín Rodríguez

Universidad de Nariño

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas (FACEA)

Maestría en Finanzas

San Juan de Pasto

2022

Nota de responsabilidad

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor. Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

Julio Cesar Riascos, M Sc.

Jurado interno

Iván Freddy Eraso., M Sc.

Jurado interno

Geovanny Castro Aristizabal., Ph D.

Jurado externo

San Juan de Pasto, Diciembre de 2022

Agradecimientos

Agradezco inmensamente a mis docentes evaluadores Julio Cesar Riascos, Iván Freddy Erazo y Geovanny Castro Aristizábal, quienes con sus aportes llevaron al perfeccionamiento de esta investigación.

Pero en especial a la docente asesora Nini Johana Marín Rodríguez quien, a través de sus orientaciones, compromiso y aportes, permitió el logro de este objetivo en mi vida. De antemano nuevamente, mil gracias a cada uno de ellos y deseándoles los mejores éxitos y bendiciones en su labor como docentes y esperando que la semilla de conocimiento que en mi generaron siga replicándose en varios estudiantes.

Dedicatoria

A Dios por permitirme haber llegado hasta el momento donde me encuentro,

A mi madre María Elena por darme la vida, brindarme todo su apoyo, amistad y amor incondicional y permitir convertir este sueño en realidad,

A mi esposa Elizabeth e hijas Allison y Mapu por estar siempre a mi lado en los días y noches más difíciles de trabajo y estudio y brindarme voces de aliento y amor para poder continuar, convirtiéndose en ese motor de lucha diaria,

A mi segunda madre, Martha que sigue siendo mi amiga de aventura y guía en vida,

A mis hermanos y sobrino por su compresión y amor,

Pero en especial a mi padre Franco (Q.E.P.D) quien aún extraño mucho, pero con sus consejos, paciencia, ejemplos de perseverancia y constancias, contribuyeron a hacer el hombre que soy hoy en día.

Hoy, les dedico a ustedes, mi hermosa familia y hogar este logro, una meta más, LOS AMO MUCHO y nuevamente, ¡Mil y Mil gracias!

Housseman Ramos

Resumen

Los mercados financieros del mundo se han visto expuesto a múltiples sucesos socioeconómicos, cuyos efectos se ha percibido en las dinámicas de países desarrollados y emergentes. En ese sentido, esta investigación busca evaluar cual fue la incidencia del COVID-19 en los retornos y la volatilidad de las acciones de la bolsa de valores de Colombia para el periodo 2020 a 2022. Para ello, se realizó tres escenarios de análisis a partir de herramientas estadísticas y econométricas. El primero enmarcado en el estudio descriptivo del comportamiento de las diez acciones de mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP; el segundo un comparativo de modelos de la familia GARCH, en la identificación de los efectos de la pandemia en el MSCI COLCAP y como este se ha comportado en relación con otros índices de Latinoamérica y finalmente, un tercero relacionado a la construcción de una cartera de inversión *ex ante y ex post,* desde la teoría clásica de Markowitz y análisis multivariado de componentes principales (PCA). Entre los principales resultados se exhibe que el COVID-19 tuvo incidencia en el comportamiento de las acciones financieras de Colombia, con mayor importancia en el primer trimestre de 2020, tal como ocurrió en varios países del mundo, además de la identificación de quiebres estructurales a lo largo de la serie de estudio, así mismo, se encontró que el mejor modelo econométrico para dar explicación a lo sucedido fue un T-GARCH, indicando que el MSCI COLCAP tiende a estabilizarse con lentitud, el impacto de los riesgos del pasado presentan memoria larga y las noticias negativas tienen mayor incidencia que las positivas. En la construcción de la cartera de inversión fue evidente que el modelo de Markowitz y PCA, por métodos robustos pueden ser complementarios para mejorar la toma decisiones.

Abstract

The world's financial markets have been exposed to multiple socioeconomic events, the effects of which have been perceived in the dynamics of developed and emerging countries. In this sense, this research seeks to evaluate the impact of COVID-19 on the returns and volatility of shares in the Colombian stock market for the period 2020 to 2022. For this purpose, three scenarios were analyzed using statistical and econometric tools. The first one was framed in the descriptive study of the behavior of the ten stocks with the highest participation in the MSCI COLCAP stock index; the second one was a comparison of GARCH family models, in the identification of the effects of the pandemic in the MSCI COLCAP and how it has behaved in relation to other Latin American indexes and finally, a third one related to the construction of an investment portfolio ex ante and ex post, from the classical Markowitz theory and multivariate principal component analysis (PCA). Among the main results, it is shown that the COVID-19 had an impact on the behavior of Colombian financial stocks, with greater importance in the first quarter of 2020, as occurred in several countries in the world, in addition to the identification of structural breaks throughout the study series, likewise, it was found that the best econometric model to explain what happened was a T-GARCH, indicating that the MSCI COLCAP tends to stabilize slowly, the impact of past risks have long memory and negative news have greater impact than positive news. In the construction of the investment portfolio it was evident that the Markowitz model and PCA, by robust methods, can be complementary to improve decision making.

Contenido

Introducción 20

1. Elementos de identificación 28

    1.1. Tema 28

    1.2. Titulo 28

2. Justificación 29

3. Planteamiento del problema 30

    3.1. Identificación del problema 30

    3.2. Descripción del problema 33

    3.3. Formulación del problema 35

    3.4. Sistematización del problema 35

4. Objetivos de investigación 36

    4.1. Objetivo general 36

    4.2. Objetivos específicos 36

5. Hipótesis 37

6. Delimitación y Cobertura 38

    6.1. Delimitación Espacial 38

    6.2. Delimitación Temporal 38

    6.3. Delimitación de Contenido 38

7. Marco de referencia 39

7.1. Marco teórico....39

7.2. Marco contextual....54

7.3. Revisión de literatura....56

8. Metodología....62

8.1. Tipo, enfoque y método de investigación....62

8.2. Operacionalización de los objetivos....62

8.2.1. Análisis descriptivo....62

8.2.2. Estimación modelos econométricos familia GARCH:....65

8.2.3. Construcción cartera teoria de Markowitz y análisis de componentes principales....68

8.3. Fuentes de recolección de información....70

8.4. Población de estudio....70

9. Incidencia del SARS-COV-2 (COVID-19) en los rendimientos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de colombia (BVC)....72

9.1. Una mirada preliminar a la incidencia del covid-19 en las acciones de mayor participación del msci colcap e indices MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC, IPSA....72

9.1.1. Análisis de la serie de tiempo COVID-19....73

9.1.2. Análisis de las series de tiempo acciones MSCI COLCAP: PFBancolombia, BanColombia, Ecopetrol, ISA, GEB, ARGOS, PFAVAL, Davivienda, GrupoSur, Nutresa....74

Contexto empresarial 74

Evolución de precios históricos diarios acciones MSCI COLCAP.....78

Evolución de los retornos simples de las acciones del MSCI COLAP 85

9.2. Modelamiento econométrico para la identificación de la incidencia del COVID-19 en el índice bursátil MSCI COLCAP.....98

9.2.1. Efecto permanente o transitorio del retorno logarítmico MSCI COLCAP 114

9.2.2. Análisis de sensibilidad 114

9.2.3. Durabilidad de la innovación.....115

9.2.4. Efectos impulso-respuesta 116

9.2.5. Desbordamiento de la volatilidad entre los índices de los mercados financieros MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC e IPSA.120

9.3. Elaboración de un portafolio óptimo de inversión para afrontar la incidencia del COVID-19.....123

9.3.1. Análisis ex antes y ex post al COVID-19 desde la teoría de Markowitz y análisis multivariado para las 10 acciones de mayor participación del MSCI COLCAP 123

Matriz de indicadores o momentos estadísticos 123

Matriz de correlaciones y varianza y covarianza.....127

Modelo de Markowitz 130

Composición de la curva eficiente bajo el análisis de componentes principales (PCA).....134

Portafolio tangente a la frontera eficiente para los periodos ex ante y ex post, bajo la metodología PCA.....137

Conclusiones.....140

Bibliografía.....144

Anexos…….144

Lista de Tablas

Tabla 1. Criterios de interpretación del Beta (β) de riesgo 44

Tabla 2. Aportes teóricos al modelo de valoración de activos de capital -CAPM 45

Tabla 3. Métodos de estimaciones tradicionales del valor de riesgo VaR.....48

Tabla 4. Antecedentes de modelos ARCH*.....53

Tabla 5. Ciudades y sector de las acciones filiadas a la bolsa de valores de Colombia en el año 2020.....55

Tabla 6. Acciones con mayor participación en índice MSCI COLCAP para el periodo 2020-2021 70

Tabla 7. Prueba de Dickey Fuller para identificación de raíz unitaria en.....84

Tabla 8. Prueba de Phillips-Perron para identificación de raíz unitaria en 10 de las acciones acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022……..……85

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de los rendimientos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022……...88

Tabla 10. Prueba de Dickey Fuller para identificación de raíz unitaria en los rendimientos de las 10 de las acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022 89

Tabla 11. Prueba de Phillips-Perron para identificación de raíz unitaria en los rendimientos de las 10 de las acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022 .....……90

Tabla 12. Prueba de Dickey Fuller para identificación de raíz unitaria en los rendimientos de los índices bursátiles de países como Colombia (MSCI COLCAP), Brasil (BOVESPA), Chile (IPSA), Perú (IGBVL) y México (IPC), durante los años 2018-2022.....…93

Tabla 13. Prueba de Phillips-Perron para identificación de raíz unitaria en los rendimientos de los índices bursátiles de países como Colombia (MSCI COLCAP), Brasil (BOVESPA), Chile (IPSA), Perú (IGBVL) y México (IPC), durante los años 2018-2022.....94

Tabla 14. Momentos estadísticos índices bursátiles pre y durante COVID-19. 101

Tabla 15. Criterios de información para modelos GARCH, EGARCH, TGARCH, APARCH, IGARCH, GARCH-M, CGARCH y ACGARCH, en relación con COVID-19.....104

Tabla 16. Estimaciones de parámetros modelos de volatilidad familia GARCH para el índice MSCI COLCAP en relación con COVID-19.....110

Tabla 17. Estimaciones de los parámetros del modelo TGARCH para el efecto del COVID-19 sobre los índices MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC e IPSA para el periodo del 01 de enero de 2018 a 19 de agosto de 2022. 112

Tabla 18. Resultados mensuales del modelo TGARCH durante el periodo del inicio de la crisis en el año 2020.....115

Tabla 19. Criterio de selección del orden de retraso del VAR. 117

Tabla 20. Prueba LM de correlación serial residual del VARX 1127

Tabla 21. Estimación de coeficientes del modelo GARCH-BEKK (1,1) para los índices bursátiles MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC e IPSA.....121

Tabla 22. Matriz de indicadores o momentos estadísticos periodo ex ante 2016-2018.....125

Tabla 23. Matriz de indicadores o momentos estadísticos periodo ex post 2019-2022.....126

Tabla 24. Matriz de participaciones para los periodos ex ante y ex post.....130

Tabla 25. Portafolio tangente a la frontera eficiente para los periodos ex ante y ex post, bajo la metodología PCA……137

Lista de Figuras

Figura 1. Frontera eficiente modelo de Markowitz 40

Figura 2. Red de palabras claves concurrentes 58

Figura 3. Red de paises 58

Figura 4. Autores citados 59

Figura 5. Evolución de los registros diarios de COVID-19 en Colombia y en el mundo durante el periodo 2019 a 2022.....73

Figura 6. Evolución de los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022 82

Figura 7. Identificación de quiebres estructurales de los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022...83

Figura 8. Test de Cusum para las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022 83

Figura 9. Evolución de los rendimientos diarios de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022.....91

Figura 9.1. Cuantiles de evolución de precios y rendimientos históricos diarios de los Índices bursátiles: MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC, IPSA.....92

Figura 10. Evolución de los precios diarios y rendimientos de los índices: MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC, IPSA, 2018-2022……..95

Figura 11. Prueba Nyblom-Hansen para la estimación del modelo TGARCH del MSCI COLCAP. 106

Figura 12. Prueba Sign-Blas para la estimación del modelo TGARCH del MSCI COLCAP 107

Figura 13. Curva de impacto de noticias para el modelo TGARCH 116

Figura 14. Raíces inversas del polinomio de características AR. 118

Figura 15. Función de impulso-respuesta para la volatilidad del MSCI COLCAP.....119

Figura 16. Test de Causilidad de Granger. 120

Figura 17. Mapa de calor de correlaciones para los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2016-2018.....128

Figura 18. Mapa de calor de correlaciones para los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022.....128

Figura 19. Matriz de varianza-covarianza para los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2016-2018.....129

Figura 20. Matriz de varianza-covarianza para los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022.....129

Figura 21. Esquema de distribución normal para el portafolio ex ante 2016-2018.....131

Figura 22. Esquema de distribución normal para el portafolio ex post, 2019-2022.....131

Figura 23. Frontera eficiente bajo el método MCD paras las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2016-2018. 132

Figura 24. Frontera eficiente bajo el método MCD paras las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022. 132

Figura 25. Agrupación por método de PCA, 2016-2018. 134

Figura 26. Agrupación por método de PCA, 2019-2022. 134

Figura 27. Variabilidad explicada de las componentes principales, 2016-2018. 135

Figura 28. Variabilidad explicada de las componentes principales, 2019-2022. 135

Figura 29. Frontera eficiente de los seis primeros componentes principales, 2016-2018. 136

Figura 30. Frontera eficiente de los seis primeros componentes principales, 2019-2022. 136

Figura 31. Participación de las acciones en la conformación de componentes principales, 2016-2018. 138

Figura 32. Participación de las acciones en la conformación de componentes principales, 2019-2022. 139

Lista de Anexos

Anexo 1. Prueba de Nyblom-Hansen para modelos TGARCH de BOVESPA, IGBVL, IPSA e IPC.....161

Anexo 2. Prueba de raíz unitaria con quiebre estructural para los rendimientos de los índices MSCI COLCAP, BOVESPA, IPC, IGBVL e IPSA.....162

Anexo 3. Estadisticos básicos de indices bursátiles ante y durante COVID-19.....163

Anexo 4. Gráfico de autocorrelación (AC) y Autocorrelación parcial (ACF) para indices bursátiles. 164

Anexo 5. Estimación modelos econométricos a partir de distribución normal (Gaussian).165

Anexo 6. Estimación del modelo VARX-GARCH (1,1) 168

Glosario

El presente capítulo tiene como propósito proveer de información general acerca de conceptos relevantes en el accionar del mercado de valores que pueden servir de contextualización en el desarrollo del presente trabajo. A continuación, se exhiben los conceptos en mención.

Acción bursátil: título de aceptación en el mercado de valores, que se convierte en instrumento de capitalización de rentabilidad variable, lo que permite a una persona natural o jurídica tener propiedad sobre una parte de una empresa (emisora del título) dándole participación de las utilidades o pérdidas de esta, así como derechos políticos y económicos en las asambleas de accionistas. La acción con mayor bursatilidad corresponde aquella que registra un elevado número de operaciones en la bolsa de valores (BVC, 2021b; Córdoba, 2015). Vale mencionar la existencia de dos tipos de acciones, una ordinaria que dispone de derechos económicos y políticos y una preferencial con derecho económico.

Bolsa de Valores: también conocido históricamente como bolsa de comercio, no obstante, esta categorización no incluye la negociación de mercancías u otro tipo de activo, solamente se trazan valores, de ahí su denominación. En ese sentido, la bolsa de valores corresponde a un establecimiento público o privado autorizado por los gobiernos de cada país en el que interactúan agentes que necesitan capital (demandantes) con aquellos que disponen de él (oferentes); su accionar se sujeta a los riesgos de los ciclos económicos que ocasiona que sus precios fluctúen de acuerdo con cada coyuntura (Córdoba, 2015).

MSCI COLCAP: es un indicador definido por la bolsa de valores de Colombia, que refleja cambios en los precios reportados por 20 emisores, con una canasta mínima 20 acciones líquidas, donde el valor de capitalización ajustado empleado para determinar su participación en la

construcción del índice. Es menester aclarar que cada emisor tiene como máximo un 20% de contribución en la canasta (BVC, 2011; Páez & Peña, 2020).

COVID-19: es un riesgo biológico conocido también como SARS-CoV-2 proveniente de la cepa de coronavirus, cuyo origen fue en Wuhan-China a finales del año 2019. Este virus se caracteriza por propagarse de persona a persona a través de la tos, estornudo o habla, lo que causa enfermedad respiratoria aguda grave de tipo 2. Fue catalogado como pandemia debido a su rápida transmisión por el mundo, lo que generó una severa crisis económica y de salud, en especial en países en vías de desarrollo (Maguiña et al., 2020; Pérez et al., 2020), con efectos negativos en las dinámicas de variables macroeconómicas como inflación, tasa de cambio, tasa de interés y PIB (Botero et al., 2020).

ICOLCAP: Es un fondo tranzado en bolsa o también llamado ETF (por sus siglas en inglés, *Exchange Trade Fund*) administrado por la empresa BlackRock y que tiene como objetivo brindar al accionista una alternativa de inversión a bajo costo, de fácil acceso y transparente, a partir de un portafolio diversificado. En la actualidad, cuenta con la participación de 25 empresas.

Índice Bursátil: corresponde a un indicador que permite establecer magnitudes estructuradas o tendencias en el mercado bursátil, entre algunos de ellos de importancia a nivel mundial se encuentran el Dow Jones y S&P 500 (Nueva York), Ibex 35 (Madrid), FTSE100 (Londres), Nikkei 225 (Tokio), Hang Seng (Hong Kong), entre otros. En el caso de Colombia, el principal índice corresponde al COLCAP (Córdoba, 2015), que en la actualidad ha tomado el nombre de MSCI COLCAP, otorgado por la firma Morgan Stanley.

Mercado bursátil: hace parte del mercado de valores y corresponde al conjunto de agentes como empresas, individuos o instituciones, cuyas dinámicas se centran en transacciones de

productos financieros, en espacios de las bolsas de valores, casas de bolsa, instituciones bancarias, emisoras e inversionistas que son regulados por entidades públicas o privadas. Este entorno posibilita a los inversionistas participar en las empresas a través de la compra de los activos o títulos en venta (Córdoba, 2015).

Portafolio de inversión: corresponde a la selección de instrumentos de renta fija o variable que se cotizan en el mercado bursátil, como una alternativa para repartir el riesgo o diversificar la cartera de inversión. En el campo investigativo existe variedad de métodos en gestión de portafolios tales como la valoración de compañías, análisis de múltiplos comparables, Black-Scholes, CAPM, no obstante, gran parte de la literatura científica emplea la metodología de Harry Markowitz, en el marco de la teoría del modelo de gestión de cartera eficiente (Valencia & Gallego, 2014).

Precio de acción: representa la cantidad de dinero que se está dispuesto a pagar una persona natural o jurídica en un tiempo determinado para adquirir una acción en el mercado bursátil, el cual varía de acuerdo con las condiciones de este (BBVA, 2016).

Rendimiento de un activo: es la ganancia o pérdida que experimenta un inversionista en un horizonte de tiempo determinado. Este puede ser calculado de manera discreta (RD) y continua (RC), la primera de ellas obtenida de la variación porcentual y la segunda se estima con el uso de logaritmo natural.

$$RD = \frac{valor\ acción\ periodo\ t - valor\ acción\ periodo\ t-1}{valor\ acción\ periodo\ t-1}$$

$$RC = Ln\left[\frac{Vr_acción_periódo_t}{Vr_acción_periódo_t - 1}\right]$$

Ecuación 7. Expresión matemática para el cálculo de rendimientos discretos (RD) y rendimientos continuos (RC)

Rentabilidad esperada: son aquellos beneficios que un inversor esperar obtener al futuro, esta rentabilidad estará en función proporcional a la diversificación de la cartera (Puente y Andrade, 2016).

Riesgo financiero: La teoría clásica contempla dos tipos de riesgos, el primero asociado a las condiciones de los cambios económicos internos o externos de un país, que no se pueden diversificar; de ahí su nombre como riesgo sistemático o de mercado. El segundo, corresponde a los factores internos que afectan a los agentes, con independencia a contextos socioeconómicos de un país; otra forma de conocer este tipo de riesgo es como no sistémico (Soto et al., 2005).

Desde el ámbito financiero, Marino et al. (2002), asocian el concepto como sinónimo de probabilidad, respecto a que la ubicación sobre este campo permitirá comprender como los eventos que ocurren en el entorno pueden afectar a las empresas. En ese sentido, el riesgo financiero lo definen "como la probabilidad de que los precios de los activos que se tengan en un portafolio se muevan adversamente ante cambios en las variables macroeconómicas que los determinan" (p.88), concepto que es compartido por Echemendía (2011) el cual adiciona al componente de probabilidad el tamaño de ese resultado. Por su parte, Mascareñas (2014) asocia el término con la incertidumbre de una empresa de no poder afrontar las obligaciones financieras.

Bajo esa tónica, Martínez (2012) considera que los riesgos financieros están conexos a las pérdidas que se pueden incurrir en un activo, sea por un riesgo de mercado como precios de renta,

materias primas, tipos de cambios, tipo de interés etc. o riesgo de crédito tales como el incumplimiento de pagos por un tomador de préstamo o un emisor de bonos.

En el marco de su análisis, han surgido diversas herramientas metodológicas, entre algunas de estas: Teoría de portafolios de Markowitz, CAPM, VaR (delta, histórica, EWMA, simulación de Montecarlo y GARCH), CVaR.

Volatilidad: Se asocia al riesgo de los rendimientos de un activo o grupo de ellos. Para su cálculo se considera la desviación estándar o raíz cuadrada de la varianza de los rendimientos de los activos (Peña & Silva, 2016). Así, la volatilidad representa para un inversionista un indicador que corrobora si las acciones adquiridas disponen de movimientos bruscos en su cotización bursátil en un tiempo determinado.

Introducción

El sector financiero en el contexto mundial se ha visto afectado por diversas condiciones socioeconómicas, lo que dio paso a teorías financieras de importancia que han sido validadas hasta la actualidad, donde en sus postulados predominan los componentes económicos, matemáticos y estadísticos, que se ha constituido en insumo para la definición de investigaciones teórico-prácticas en la mejora de la toma de decisiones de los actores involucrados y en la reducción de incertidumbre financiera.

Es menester aclarar que las condiciones técnicas, económicas, sociales y políticas en las que se desenvuelven los diferentes mercados bursátiles y empresas conlleva a establecer diversos tipos de riesgo a los cuales se ven inmersos los inversionistas y, por ende, diferentes herramientas para su medición. Además del análisis de los efectos en cadena que se pueden generar ante algún tipo de cambio. Es necesario así que países en vías en desarrollo establezcan procesos continuos de información respecto a estos tipos de impacto, ya que estudios previos han demostrado que estas regiones son muy susceptibles ante permutaciones en territorios de alto desarrollo económico.

En el marco de las teorías modernas han surgido investigaciones que han intentado dar explicaciones a fenómenos económicos cuyas incidencias son latentes en los mercados financieros, a nombrar algunos de estos el pánico de 1907, la crisis de 1929, la recesión de 1991, y el colapso inmobiliario en 2008. No obstante, sucesos como las Vacas locas (90´s), síndrome respiratorio agudo grave-SARS (2002), influencia aviar-H5N1 (2005), gripe porcina-H1N1 (2005), coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio-MERS (2012), enfermedad por el virus Ébola-EVE (2014), ZIKA (2015), y enfermedad por coronavirus de 2019-COVID-19 (2019), poco

valorados en su impacto en el mercado financiero a pesar de la importancia para el desarrollo económico de los países.

Respecto a esto, tal como lo señala, Sosa et al., (2017), estos tipos de episodios de alto nivel de incidencia cuyas causas surgen en un país y tienden a generalizar sus efectos hacia otras regiones, se caracterizan por caídas abruptas en los precios accionarios e incremento en su volatilidad, tal como lo sucedido con la última coyuntura económica a causa del SARS-CoV-2 (COVID-19) que se declaró pandemia el 11 de marzo de 2020 por parte de Organización Mundial de la Salud-OMS-; cuyos efectos se comparan a la crisis *subprime* en 2008 en los Estados Unidos, donde sus desequilibrios se han transmitido hasta 7 años después de lo sucedido (Sosa et al., 2017). De ahí la importancia en el análisis en estos tipos de escenarios.

Con relación a los efectos del COVID-19 en los mercados bursátiles, Albulescu (2021) refiere que, desde febrero de 2020, se generaron cambios significativos en la dinámica de estos, con aumento en la volatilidad financiera e incertidumbre de los inversionistas, que vislumbraban en la pandemia un problema de difícil control a corto plazo por parte de los entes gubernamentales, en especial de las potencias mundiales, llamados ellos a la generación de mecanismos de intervención. En ese sentido, el presente manuscrito, en búsqueda de profundizar y gestar conocimiento en la incidencia de la pandemia en el mercado bursátil de Colombia, se planteó como objetivo medir el efecto del brote en los rendimientos y la volatilidad de acciones del MSCI COLCAP.

Para ello, contemplará el desarrollo de cinco secciones. La primera, relacionada con la estructura investigativa del proyecto: antecedentes, sistematización del problema, objetivos, marco de referencia y metodología. En la segunda, se incluye el análisis del comportamiento de 10 de las acciones más bursátiles en el índice MSCI COLCAP. En la tercera, se estiman diferentes modelos

de la familia GARCH (modelo autorregresivo generalizado condicional heterocedástico) con el fin de determinar la mejor estimación para conocer la transmisión de la volatilidad de la incidencia del COVID-19 en el índice financiero citado frente a los de países como Brasil, Chile, Perú y México. En las dos últimas secciones, se presentará, primero, la construcción de una cartera de inversión óptima antes y después del COVID-19, de acuerdo con la teoría de Markowitz y análisis multivariado por componentes principales-PCA, y por último, una sección de conclusiones.

1. Elementos de identificación

1.1. Tema

Riesgo financiero en la bolsa de valores de Colombia (BVC).

1.2. Titulo

Incidencia del riesgo biológico SARS-cov-2 (COVID-19) en los rendimientos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia (BVC) en los años 2020-2022.

2. Justificación

Las bolsas de valores y los bancos de inversión son un ejemplo importante de la actividad económica y financiera en los países, dada su capacidad de movilización de grandes capitales y vinculación de accionistas. No obstante, su operar se ha encontrado enmarcado en la dinámica de variables macroeconómicas que en las últimas décadas han presentado cambios considerables dados los procesos de globalización con fuerte dependencia de las economías.

Respecto al problema del riesgo biológico COVID-19, cabe destacar que la mayoría de los estudios que han surgido en el análisis del efecto de la pandemia con los mercados financieros, y cómo estos sucesos han tenido influencia en la toma de decisiones, se han enmarcado en investigaciones con horizontes de tiempo cortos, como el caso de Colombia, donde se ha contemplado solo el primer semestre de 2020, con omisión de estudios posteriores a esta fecha.

Estas condiciones llevan a pensar en la necesidad del desarrollo de investigaciones que permitan profundizar o cuantificar la incidencia del riesgo biológico SARS-CoV-2 en los rendimientos y volatilidad de las acciones en el mercado de la bolsa de valores de Colombia (BVC) con periodos superiores al primer trimestre de 2020, que permita enfrentar la incertidumbre futura con el diseño de portafolios más eficientes. Además de constituirse en un marco de referencia para estudiantes, investigadores o instituciones interesadas en el sector financiero que deseen profundizar en estas temáticas.

En ese sentido, el desarrollo del tema planteado se constituye en una fuente de información para el diseño de planeación financiera ante los efectos presentes en los mercados bursátiles por sucesos pandémicos, al ofrecer datos de importancia acerca de la incidencia que se puede generar en la bolsa de valores de Colombia respecto a los retornos y volatilidad ante pánicos coyunturales por riesgo biológico.

3. Planteamiento del problema

3.1. Identificación del problema

Los mercados financieros se ven expuestos a múltiples factores, algunos de ellos son: la tasa de cambio, inestabilidad de la inflación, volatilidad en los precios de las acciones, desempleo y *tasa prime* (tasa preferencial a los mejores clientes comerciales) (Riascos, 2014), cuyas dinámicas en ocasiones no pueden ser explicadas bajo las teorías económicas, donde se supone la eficiencia de mercados financieros a razón de la racionalidad de los agentes y disponibilidad de información.

Dichas concepciones han motivado a lo largo de la historia la transformación de la disciplina científica de las finanzas, intentándose adaptar a las necesidades de los diferentes contextos locales e internacionales, con priorización del componente matemático y estadístico por encima de lo descriptivo, y prestando importancia a conceptos como riesgo e incertidumbre en contextos globalizados (Flórez, 2008).

Estas últimas circunstancias son expuestas por Oswaldo et al., (2016) en el marco de las teorías de la "paradoja de Grossman-Stiglitz" y la "economía conductual". La primera de ellas, sostiene la desaparición de mercados ante la presencia de plena racionalidad y eficiencia de la información y la segunda el comportamiento de los agentes bajo contextos de incertidumbre, lo que conlleva a pensar en el análisis desde otra óptica, donde la teoría ortodoxa en que el que se consideraba al ser humano como un *homos economicus* racional, orientado a maximización de utilidades, egoísta y auto interesado (Shiller, 2003) llega a quebrantarse al no poder explicar las interrupciones en los mercados de valores (Kapoor & Prosad, 2017). De ahí que las decisiones de los agentes económicos son influenciadas por acontecimientos del pasado, presente y futuro (Riascos, 2014), es decir, el mercado se convierte en un entorno sistémico, que, ante problemas

emergentes, puede quebrantarse, “incluso pequeños errores pueden convertirse en tremendos colapsos” (Tilcsik & Clearfield, 2019, p.91).

Casos a resaltar corresponden a lo ocurrido en la gran depresión de 1929 tras la caída de los precios de la bolsa de valores de Wall Street en los Estados Unidos de América (EE. UU.) que generó especulación en los mercados financieros y la quiebra de grandes y pequeños inversionistas, además de un efecto dominó cuyas consecuencias fueron trasladadas a los países del mundo, con pérdidas económicas de gran envergadura (Martín, 2011).

Así mismo, la crisis financiera de 2008, cuyos problemas venían desde la década de los 80 por inconvenientes estructurales y de política económica, caída de las torres gemelas en el 2001 y la burbuja inmobiliaria del 2006 en los EE. UU., se suman al listado de dificultades que el mundo ha tenido que atravesar; adicional a ello, los precios altos del petróleo, aumento de la inflación y estancamiento del crédito, ocasionó una crisis de confianza en el sector bancario, problemas de liquidez para países desarrollados; caída en la demanda especulativa, factores que se propagaron a mercados emergentes y que en la actualidad, aún no se han solventado por completo (González et al., 2009; Laffaye, 2008; Romero, 2021).

En el caso de Colombia, como país en vías de desarrollo, los efectos del crack de 1929 empezaron a sentirse ante la caída de los precios del café, no obstante, la mayor demanda a nivel internacional, pudo compensar los efectos negativos que se suscitaron en el mundo, de ahí que en Latinoamérica haya sido el país con menor afectación en el PIB con una rápida recuperación económica (Villaveces & Rodríguez, 2015). Situación similar se presentó ante la crisis de 2008, que a pesar del déficit en la balanza comercial y fiscal, aumento en las tasas de inflación y deterioro del mercado laboral, las políticas macroeconómicas que se tomaron en su momento, le permitieron sobrellevar la crisis e impulsar el aparato productivo (Mesa et al., 2008).

Sumado a lo anterior, fenómenos asociados a brotes y enfermedades emergentes han sido también focos de problemas socioeconómicos en el mundo, que se han reflejado en las dinámicas de los mercados financieros por su afectación en activos de *commodities*, acciones y bonos de tesoros, además de incidencia en el crecimiento económico, empleo y comercio (M. Morales et al., 2020). Entre algunos riesgos biológicos recientes se destacan: Vacas locas (90´s), SARS (2002), H5N1 (2005), H1N1 (2005), MERS (2012), EVE (2014), Zika (2015), y COVID-19 (2019).

Este último, que ha sido declarado emergencia de salud pública de importancia por la OMS (OMS, 2020), se establece en un tema de envergadura por los efectos exponenciales que ha traído consigo, superior a la crisis de 2008 a nivel mundial, de ahí que ha convertido en fuente de investigación por sus fuertes efectos en la economía internacional (Botero et al., 2020; Mendoza et al., 2020). En ese sentido, instituciones como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL (2020) recalca lo siguiente:

> El hecho de que los mercados financieros se hayan visto gravemente afectados por el efecto de la pandemia mundial es producto también de vulnerabilidades financieras que se habían ido acumulando durante mucho tiempo. La acumulación de deuda ha estado superando el crecimiento del ingreso mundial y ha alcanzado niveles récord. (p.9)

Es así como la afectación del COVID-19 en los mercados financieros del mundo han evidenciado perturbaciones o sobresaltos con aumento en la incertidumbre económica, cambios que se han atribuido, tal como lo refieren Urdaneta et al. (2021) a la disminución de la producción por políticas de confinamiento, con repercusiones en las cadenas de suministros, impacto monetario en las empresas y por ende los mercados financieros.

Este tipo de acción descrita corrobora la fragilidad de las economías ante sucesos del pasado y presente. En ese sentido, comprender los efectos generados por la coyuntura SARS-CoV-2 (COVID-19) tal como lo argumenta Bolín & Velasco (2020) requiere de un análisis retrospectivo de diversos riesgos biológicos que han ocurrido a lo largo de la historia con el fin de permitir un contraste para enfrentarlo, más aún cuando los estudios prospectivos actuales se han visto limitados dada la difícil capacidad de anticipar las crisis (Bolton et al., 2020).

Por otra parte, Botero et al. (2020), recalcan los cambios abruptos que han tenido que afrontar los entes gubernamentales ante la definición de políticas que permitan mitigar los efectos de la recesión económica, en especial en la oferta de bienes y servicios, determinado por los cierres temporales de empresas y desde la demanda por la dificultad de consumo de los hogares e inversión del sector privado.

El caso de las volatilidades en el precio de petróleo para el año 2020 se suma a la difícil situación que atravesó el mundo como consecuencia de las tensiones geopolíticas y la guerra de precios entre Arabia Saudita y Rusia (Jareño, 2020), perturbaciones que se transmitieron a los mercados bursátiles (Contagio Financiero) con altos riesgos (Ángel et al., 2012). Es menester aclarar, tal como lo refiere Morales (2015), que los efectos ante las crisis financieras se caracterizarán por tener cambios en la disminución de precios de los activos, volatilidad del mercado y aumento en la correlación de economías.

3.2. Descripción del problema

En el caso de Colombia, la incidencia del COVID-19 se hizo latente con la reducción de la dinámica de crecimiento económico, que para el año 2019 se enmarcaba en 3,3% y se esperaba llegar al 3,5% a finales de 2020, no obstante, la propagación de esta coyuntura trajo consigo la reducción del crecimiento económico con un reporte del PIB de: -5,5%, con choques

macroeconómicos como la suspensión del comercio internacional e interrupción de la cadena de valor; reducción de consumo; menor ingreso y mayor gasto público (Bonet et al., 2020). Estos sucesos generaron incidencia sobre las variaciones de los precios de las acciones líquidas, con repercusión en el coste de las empresas.

Respecto al comportamiento de la bolsa de valores de Colombia, Ruiz (2021) describe una pérdida significativa de su valor accionario del 45% en el año 2020 en relación con de Brasil, Argentina, Chile, Perú y México. Con una alta volatilidad en marzo y abril de 2020 atribuido a la crisis del mercado de petróleo y COVID-19, reflejándose en la caída de las cotizaciones de las acciones de las empresas del sector financiero y construcción (Ospina & Rivera, 2020); escenario comparado a los sucesos de la crisis mundial de 2008, sin embargo, las condiciones se mejoraron a partir de las políticas monetarias y fiscales implementas por los bancos centrales y gobiernos mundiales, no obstante, los temores por olas de contagios generó incertidumbre frente la recuperación real de la economía del mundo (Ospina & Rivera, 2020).

En ese sentido, Romero (2021) ratifica, el poco interés que se ha tenido por analizar este tipo de eventos de baja probabilidad de ocurrencia, pero de alto efecto, como el caso de las pandemias; donde son dejadas de lado en los estudios de administración de riesgos, a razón de la preferencia de escenarios con condiciones conocidas y esperadas. Por otra parte, la existencia de estudios previos sobre efectos pandémicos en el mercado financiero en Colombia es muy escasa. Investigaciones como la de Romero (2021) y Páez & Peña (2021) presentan un espacio de análisis limitado, al primer trimestre de iniciada la pandemia, sin explicación de los acontecimientos posteriores y sus efectos en la economía Nacional.

3.3. Formulación del problema

¿Cómo ha afectado el riesgo biológico SARS-CoV-2 (COVID-19) los rendimientos y la volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia en los años 2020-2022?

3.4. Sistematización del problema

- ¿Cómo ha sido el comportamiento en el rendimiento y volatilidad de las 10 acciones de mayor participación del índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, ante la coyuntura por COVID-19, durante los años 2020-2022?
- ¿Cómo el pánico ante la coyuntura COVID-19 ha afectado la volatilidad del MSCI COLCAP?, y ¿Cuál ha sido su comportamiento frente a índices bursátiles de países como Brasil (Bovespa), Chile (IPSA), Perú (IGBVL) y México (IPC), durante los años 2020-2022?
- ¿Qué portafolio de acciones se hubiera comportado de mejor manera antes y después de la incidencia del COVID-19 para un perfil de riesgo medio en el mercado de bolsa de valores de Colombia, en comparación al ETF ICOLCAP?

4. Objetivos de investigación

4.1. Objetivo general

Evaluar la incidencia del riesgo biológico SARS-CoV-2 (COVID-19) en los retornos y la volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia para los años 2020-2022.

4.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis descriptivo del comportamiento del precio y volatilidad de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, ante el COVID-19, durante los años 2020-2022.
- Comparar a partir de modelos de la familia GARCH la trasmisión de la volatilidad del COVID-19 en el índice MSCI COLCAP de Colombia frente a índices bursátiles de países como Brasil (Bovespa), Chile (IPSA), Perú (IGBVL) y México (IPC), durante los años 2020-2022.
- Construir una cartera de inversión óptima *ex-ante y ex-post* al riesgo biológico COVID-19 para las 10 acciones de mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia desde la teoría de Markowitz y análisis multivariado por componentes principales-PCA-, para un inversionista con perfil de riesgo medio, para ser comparado con el ETF ICOLCAP.

5. Hipótesis

H_0: El riesgo biológico SARS-CoV-2 (COVID-19) no tiene incidencia en los retornos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia durante los años 2020-2022.

H_1: El riesgo biológico SARS-CoV-2 (COVID-19) si tiene incidencia en los retornos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia durante los años 2020-2022.

: Las acciones antes y después de la pandemia no presentan comportamientos similares en su agrupamiento.

H_1: Las acciones antes y después de la pandemia presentan comportamientos similares en su agrupamiento.

6. Delimitación y Cobertura

6.1. Delimitación Espacial

La presente investigación, dado que empleará registros financieros de las acciones cotizadas en la bolsa de valores Colombia (BVC), se desarrollará en el país de Colombia.

6.2. Delimitación Temporal

Los datos que se utilizarán en el trabajo de grado estarán enmarcados en registros diarios de 10 de las acciones con mayor participación en el MSCI COLCAP, reportados de lunes a viernes entre el periodo 2020 y 2022, con exclusión de los fines de semana y feriados debido a que en estos días las cotizaciones de los valores de renta variable quedan inmovilizadas por el cese de actividades.

6.3. Delimitación de contenido

Se identificarán el índice de capitalización MSCI COLCAP y rendimientos diarios de las 10 acciones de mayor participación dentro de este índice. Entre los sectores financieros, materiales, energía, servicios de comunicación y suministros.

7. Marco de referencia

7.1. Marco Teórico

En lo concerniente a las teorías de riesgo financiero y comprensión de la volatilidad de los mercados autores como Orellana et al. (2020), Saavedra & Saavedra (2012), Flórez (2008), Azofra (2005), entre otros, destacan la existencia de diversas herramientas metodológicas, tales como las que se describen a continuación:

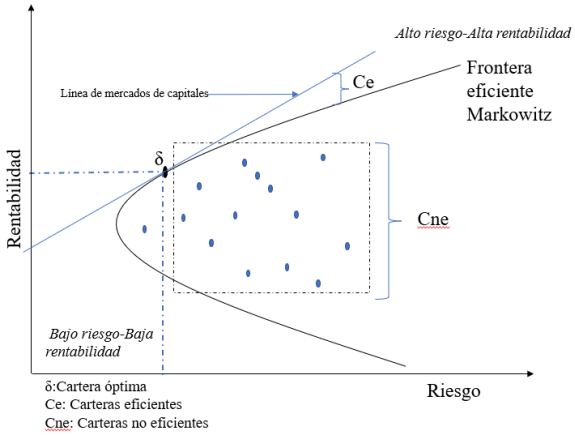
En el marco del análisis de riesgo financiero, se establece un referente histórico con la teoría de portafolios de Harry Markowitz propuesta en el año 1952, al considerar la construcción de una cartera óptima desde la diversificación de activos financieros (Figura 1), que posibiliten la maximización del rendimiento esperado a un determinado nivel de riesgo (Ecuación 1 y 2), o la minimización de este último a un rendimiento posible (Ecuación 3 y 4) (Coria Villca, 2020).

Vale mencionar, que la presencia del escenario propuesto es viable con la ampliación de la selección de los activos de la cartera, dado que la elección de un solo ocasionaría que el inversionista se vea expuesto a inconvenientes atribuidos a factores socioeconómicos y/o políticos que puede limitar el desempeño del activo escogido.

No obstante, dicha diversificación, según lo describió Meir Statman cuenta con un límite de 30 acciones, donde la inclusión de una más de ellas disminuiría el beneficio y llegaría a la obtención de valores nulos, situación que es explicada por la presencia de riesgos sistemáticos y no sistemáticos (Autorregulador Del Mercado De Valores De Colombia [AMV], 2018).

Figura 1

Frontera eficiente modelo de Markowitz



Fuente: Elaboración propia

Solamente, hasta el año 1959 la teoría descrita logra perfeccionarse, mediante la estructuración de un proceso estocástico, en el que consideró en su cálculo indicadores estadísticos como la media, varianza y covarianza en la combinación de títulos, de ahí que Markowitz sea identificado el padre de la teoría moderna de portafolios (Arriaga et al., 2019). El segundo hito es la propuesta por James Tobin en el año de 1958, en que su investigación permitió concluir que los inversionistas presentan un comportamiento averso al riesgo, es decir, exigen mayor retorno ante escenarios con más incertidumbre (AMV, 2018).

En conclusión, tal como lo describe la AMV (2018), la teoría del portafolio está encaminada en responder tres interrogantes: “i) ¿Qué activos debe seleccionar una persona aversa al riesgo?; ii) ¿Qué ponderación se debe asignar a cada uno?, y iii) ¿Qué retorno debe exigirse por

un nivel de riesgo específico?" (p. 34).

Matemáticamente, el modelo se expresa de la siguiente manera:

$$Max\ E(Rp) = \sum_{i=1}^{n} wi * E(Ri)$$

Ecuación 1. Modelo matemático básico de Markowitz

$$\sigma^2(Rp) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} wi * wj * \sigma_{ij} \leq \sigma_0^2 E(Ri)$$

$$\sum_{i=1}^{n} wi = 1; wi \geq 0\ (i = 1, \dots, n)$$

Ecuación 2. Modelo matemático de riesgo máximo admitido para la ecuación 1 de Markowitz

Dónde:

$n = N\acute{u}mero\ de\ activos\ de\ portafolio$

$Ri = variable\ aleatoria\ rendimiento\ del\ activo$

$E(Ri) = Rendimiento\ esperado\ del\ activo\ i$

$Rp = variable\ aleatoria\ rendimiento\ del\ portafolio$

$E(Rp) = Rendimiento\ esperado\ del\ portafolio$

$wi = Proporción\ del\ presupuesto\ del\ inversionista\ destinado\ al\ activo\ i$

$\sigma^2(Rp) = varianza\ del\ rendimiento\ del\ portafolio$

$\sigma_{ij} =$ covarianza entre rendimientos de los activos i y j

$\sigma_0^2 = varianza\ máxima\ admitida$

La ecuación 1, permite determinar las ponderaciones wi que maximiza el rendimiento esperado del portafolio, sujeto a un riesgo máximo admitido (ecuación 2). Por otro lado, la

Ecuación 3 indica la minimización de la varianza del portafolio, sujeto a rendimiento determinado (Ecuación 4) (Franco-Arbeláez et al., 2011).

$$Min\ \sigma^2(Rp) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} wi * wj * \sigma_{ij} \quad (3)$$

Ecuación 3. Modelo matemático de minimización de varianza del portafolio

$$E(Rp) = \sum_{i=1}^{n} wi * E(Ri) \ \geq u_0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{n} wi = 1; wi \geq 0\ (i = 1, \dots, n)$$

Ecuación 4. Modelo matemático de riesgo mínimo requerido admitido para la ecuación 3 de Markowitz

Dónde:

$u_0 =$ $Rendimiento\ mínimo\ requerido.$ Las demás variables ya fueron descritas anteriormente.

Por otra parte, dentro de las teorías de cartera, Sharpe (1964), Linther (1965) y Mossin (1966) proponen el modelo de valoración de activos de capital -CAPM- (*por sus siglas en inglés, Capital Asset Pricing Model*), en el que establecen una relación de un riesgo total (riesgo sistemático más riesgo no sistemático) y acciones, con instrumentos particulares y no con carteras diversificadas, es decir, la tasa de retorno de activos riesgosos se encuentran en función de la covarianza de la tasa de retorno y está a su vez del portafolio (Barrezueta et al., 2021).

A diferencia del anterior, este agrega un activo libre de riesgo al conjunto de activos. Lo que posibilita la existencia de dos escenarios; uno donde el agente puede prestar, con referencia a la inversión de una fracción de su dinero en el activo libre de riesgo o el segundo pedirlo a una tasa sin riesgo con la compra de las acciones al margen. Reyes et al. (2021) argumentan que el modelo CAPM no solo requiere de la existencia de un mercado de valores desarrollado a pesar de que sea sustentada en la teoría de "mercados eficientes", a razón de que el comportamiento de las condiciones macroeconómicas de los países emergentes es distinto, lo que ocasiona que sus análisis tengan un grado de subjetividad.

Matemáticamente, el modelo CAPM está dado por:

$$E(Ri) = Rf + \beta i\, E(Rm - Rf)$$

Ecuación 5. Modelo *Capital Asset Pricing-CAPM*

$$\beta i = \frac{Covarianza(Ri, Rm)}{Varianza(Rm)}$$

Ecuación 6. Beta (β) de riesgo

Dónde:

$Ri = Retorno\ del\ activo\ i$

$Rf = Tasa\ libre\ de\ riesgo$

$Rm = Retorno\ del\ portafolio\ de\ mercado$

$(E(Rm) - Rf) = Premio\ por\ riesgo\ de\ mercado$

Sumado a lo anterior, aparece el factor Beta (Ecuación 6), que según lo enfatiza Támara et al. (2017) es "el coeficiente de volatilidad del activo, el cual nos muestra cuanto varía el rendimiento del activo en función de las variaciones del rendimiento del mercado en el cual se encuentra dicho activo" (p. 1). En ese sentido, el coeficiente general Beta del portafolio, corresponderá a un promedio ponderado de cada una de las betas de las acciones, por tanto, el

riesgo relacionado con el mercado dependerá de que tan cercano o alejado este el índice del valor uno (González, 2018), tal como se describe a continuación.

Tabla 1

Criterios de interpretación del Beta (β) de riesgo

Resultado	Interpretación
$\beta > 1$	Los rendimientos de la empresa están por encima de los movimientos del mercado, a este tipo de acciones se conocen como "inversiones agresivas".
$\beta < 1$	Los rendimientos de la empresa están por debajo de los movimientos del mercado, a este tipo de acciones se le conocen como "inversiones defensivas o de mayor de riesgo inevitable".
$\beta = 1$	Las acciones tienen el mismo riesgo sistemático que el mercado en general, también se conoce como beta neutra.
$\beta = 0$	Los rendimientos de la empresa no están relacionados con los movimientos del mercado.

Fuente: Elaboración propia

La historia del CAPM, que le ha permitido consolidarse como un modelo importante en las finanzas, se puede describir de la siguiente manera:

Tabla 2

Aportes teóricos al modelo de valoración de activos de capital -CAPM

TEORIA	AUTOR	AÑO	FOCO DE APORTE	CRITICA
Teoría de portafolio eficiente	Harry Markowitz	1952	Maximización de la utilidad del inversionista a través de la diversificación del portafolio, en relación con una cartera eficiente y un nivel dado de riesgo.	Concepción aislada al considerar los mercados completos, perfectos y eficientes, al no existir costos de transacción y libre acceso a la información, además de excluir el comportamiento del inversionista (conocimiento y experiencia). A nivel matemático no se tuvo en cuenta el cálculo de la covarianza de los retornos.
Teorema de separación de dos fondos	James Tobin	1952	Da continuidad al estudio de Markowitz, enfatizado la maximización de la utilidad esperada a partir de la separación de los activos riesgosos y libre de riesgos que permita centrarse en decisiones de inversión y de financiación	El método de separación de la decisión presenta inconvenientes cuando los retornos esperados de los títulos son bajos, siendo la mayoría negativos con covarianzas mayores a cero

			de manera independiente, además de incluir el concepto.	
Modelo CAPM (Capital Asset Pricing)	William Sharpe, John Linther, Jan Mossin	1964-1969	La rentabilidad esperada en función de riesgo estimado, es decir, los retornos de los activos se compensarán del valor del dinero en el tiempo y el riesgo de mercado. Entre los conceptos involucrados aparece en factor beta, cartera de mercado, prima de riesgo y riesgo sistemático y no sistemático.	Debilidad de la relación entre el coeficiente beta y rentabilidad media, dada la no inclusión de todos los activos riesgosos, exclusión de variables con mayor poder explicativo tales como ingresos laborales, oportunidades de inversión y precios futuros de bienes y servicios, así mismo, la existencia de inestabilidad temporal.
CAPM intertemporal	Robert Merton	1973	Continuidad al modelo de CAPM, en el que se establece que el precio de los activos se encuentra en función del consumo, donde los inversores cubren sus posiciones de riesgo.	A pesar de que brinda un soporte teórico más sólido que El modelo CAPM, se establece debilidad en definir qué variables deberían incluirse en el cálculo de los precios de los activos.

Valoración de opciones	Fischer Black, Myron Scholes y Robert Merton	1973	Análisis de activos financieros cuya rentabilidad se asocia al comportamiento de otros activos o sus precios, en un marco de probabilidad. Esta actuación se ha relacionado con el movimiento browniano o proceso de Wiener y el teorema fundamental del cálculo estocástico Lemma de Itô).	Dada la complejidad matemática en ocasiones es difícil distinguir los saltos simétricos en la volatilidad del precio del activo.
Teoría de los precios de arbitraje (APT, por sus siglas en inglés *arbitrage pricing theory)*	Ross	1976	La contempló que la rentabilidad de los activos se da por un proceso estocástico en el que intervenían varios factores.	El modelo no genera información en referencia con los factores de riesgo
Modelo de Black-Litterman (MBL)	Black Litterman	1992	Incluye las expectativas del inversionista con el fin de determinar un perfil y poder asignar ponderaciones a los activos. Esto permitiría generar portafolios equilibrados y estables en un horizonte de tiempo designado.	Supone que el mercado cuenta con una distribución normal. Adicionalmente, los cálculos requieren de bases de teoría bayesiana.

Fuente: Adaptado de (Azofra & Fernández, 1992; Flórez, 2008; Saavedra & Saavedra, 2012)

Un aspecto que merece énfasis, en cuanto al riesgo abordado en el desarrollo de este documento, es el hecho de que no es posible que un inversionista mitigue el riesgo sistemático, ya que surge

de circunstancias externas al individuo, tales como decisiones gubernamentales o desastres, puesto que estos factores son incontrolables e impredecibles. Sin embargo, el diversificar puede convertirse en una ayuda en la estabilización del riesgo total, dado la reducción en el riesgo no sistemático, lo que compensa los malos resultados en ciertas acciones con las buenas decisiones de otros.

Los hitos teóricos a considerar dentro de la valoración de riesgos fueron en el año 1994, cuando el banco JP Morgan propone en el documento técnico "*Riskmetrics*" la métrica de valor de riesgo en portafolio VaR, comprendido como la máxima pérdida que se puede generar ante la inversión en una cartera de activos en un tiempo determinado con un nivel de confianza que se establece entre el 95% o 99% (Pineda Guerrero et al., 2021).

Adicionalmente, Guerrero et al. (2022), a partir de una revisión literaria describe la estimación del VaR desde los siguientes métodos:

Tabla 3

Métodos de estimaciones tradicionales del valor de riesgo VaR

Método	**Fórmula**	**Descripción variable**	**Descripción del método**
Paramétrico (modelo delta normal o varianza-covarianza)	$VaR = P_t Z_{1-C}\, \sigma \sqrt{n}$=- $P_t Z_C\, \sigma$	σ representa el valor del riesgo Z: Es el percentil C de una distribución normal estándar P_t: Es el valor del portafolio $\sqrt{n}$: Periodo por el cual se calcula el VaR.	Supone una distribución normal en el comportamiento de los activos, de ahí que los resultados correspondan a una aproximación.
No paramétrico:	$VaR = P_t Q_{1-c}\, \sqrt{n}$	P_t: Es el valor del portafolio	Realiza simulaciones históricas de todos los escenarios posibles, bajo el

Simulación histórica		$\sqrt{n}$: Periodo por el cual se calcula el VaR. $Q_{(1-c)}$: Percentil de la distribución en la que se calcula el VaR	supuesto de que los efectos del pasado sirven en la estimación del riesgo actual del portafolio. Sin embargo, su inconveniente radica en la dependencia total de la calidad de las bases de datos. Cualquier acontecimiento de importancia que no esté inmerso en él puede generar conflicto en su interpretación. Adicionalmente, no tiene en cuenta la posibilidad de una volatilidad condicional.
No paramétrico: Método EWMA (Promedio móvil con ponderaciones exponenciales)	$VaR = P_t Z_{1-C}\,\sigma\ \sqrt{n}$=- $P_t Z_C\,\sigma$	σ representa el valor del riesgo Z: Es el percentil C de una distribución normal estándar P_t: Es el valor del portafolio $\sqrt{n}$: Periodo por el cual se calcula el VaR.	Pondera cada observación donde el mayor peso es dado a los datos más reciente. El EWMA no requiere de extensas series temporales para su estimación.
No paramétrico: Método de simulación Montecarlo	Para su cálculo se debe tener presente lo siguiente: i) Tomar una muestra de k variables independientes distribuidas normalmente ii) Emplear matriz de covarianza para la trasformación de los retornos mediante descomposición de Cholesky iii) Valorar las rentabilidades de cada factor de riesgo		Reconstruye las distribuciones de precios a partir de escenarios de las variables seleccionadas. Es considerado uno de los más completos debido a la inclusión de riesgos no lineales, de volatilidad, cambios del riesgo en el tiempo, colas anchas y escenarios extremos.

iv)	Simular con un mínimo de 1000 escenarios en relación con los tres pasos anteriores.

Fuente: Elaboración propia con base en Pineda Guerrero et al., (2021).

Por otro lado, los inconvenientes identificados en el VaR concerniente a la gestión del riesgo financiero y la optimización de la cartera, dio paso a contemplar el surgimiento del VaR Condicional- CVaR-, conocido también como Deficiencia Media o *Tail* VaR. Dicho indicador establece la pérdida esperada bajo la condición de que se supere el umbral señalado por el VaR que contempla los valores de probabilidad del 0.90, 0.95 o 0.99, además de mejorar la modelación de los comportamientos de los retornos accionarios como el caso de colas pesadas, característica predominante en la distribución de los activos financieros y la superación de la autocorrelación en periodos largos de tiempo (Scheller & Auer, 2018).

Desde el análisis de series de tiempo aparecen metodologías como el filtro Hodrick - Prescott (1980), nombre atribuido en honor a sus autores. Esta herramienta permite extraer la tendencia de una serie de tiempo en dos componentes, uno cíclico (corto plazo) y otro tendencial (largo plazo) (Segura et al., 2010).

A pesar de su fácil aplicación, Segura et al. (2010) alude la existencia de algunos inconvenientes que se pueden presentar en su cálculo, como es la falta de claridad al escoger el parámetro de penalidad, no elimina con efectividad la tendencia de los extremos de la serie y se presenta la exclusión de variables importantes, al ser univariado.

Otra técnica utilizada en los estudios de series temporales son los procesos estocásticos de raíz unitaria, empleados en definir o no la estacionariedad de los datos. En ese sentido, es necesario que la información de cumplimiento al supuesto de

$E(y_t) = \mu$ para todo t; $V(y_t) = \sigma^2$ para todo t; $Cov((y_t - \mu)(y_{t-1} - \mu)) = \gamma_k$ para todo k, es decir, su media y varianza sean constantes en un tiempo determinado y su covarianza dependan de la longitud del rezago (Girón, 2018).

La identificación de la estacionariedad puede ser validada por un gráfico de la serie, su correlograma o pruebas estadísticas de raíces unitarias como la de Dickey-Fuller (1979), Dickey-Fuller aumentando (1981), Phillip Perrón (1988) o KPSS (1922) (Girón, 2018), pruebas que en la actualidad son de fácil aplicación a partir de programas econométricos. Los procesos de raíz unitaria incluyen aquellos modelos de caminata aleatoria sin deriva, es decir, estacionario en diferencia, y con deriva o estacionario en diferencia con tendencia aleatoria.

Ahora bien, al tener en cuenta que los agentes económicos se ven inmersos en cambios constantes y cuyas decisiones depende de lo que suceda en sus contextos; Osorio (2017) menciona la importancia de analizar el entorno y su variabilidad para mejorar la toma de decisiones, dado que la incertidumbre es latente en los agentes.

Es así como en la búsqueda de explicar dichos cambios aparecen según la literatura dos aportes importantes en 1974 que han dado un rumbo diferente a la interpretación de las series de tiempo, uno de ellos, es el propuesto por los autores Granger & Newbold, (1974) con el concepto de regresión espuria, entendida como aquella relación matemática donde las variables involucradas no tiene razón lógica y su principal característica son estadísticos significativos como el R^2 y t estadísticas.

La segunda propuesta es la planteada por Granger, (1969) con la prueba estadística de detección de la causalidad (test de Granger); teoría que busca analizar de manera causal la incidencia que tiene una variable sobre otra para mejorar su predicción y viceversa (Girón, 2018).

Para su cálculo, la función parte de explicar la variable dependiente (y_t) sobre sus valores pasados (y_{t-1}) y los pasados de la variable independiente (x_{t-1}), así como también expresar la variable independiente (x) en dependencia de sus pasados x_{t-1} y pasados de y_{t-1}.

Otro de los aportes significativos de Granger corresponde al Promedio Móvil Integrado (IMA), que ha dado paso a la construcción de los modelos ARIMA (Modelo de media móvil integrada autorregresiva).

Un modelo ARIMA parte de la combinación de un término autorregresivo (AR), una integrada (I) y un promedio móvil (MA). Este modelo, ha tomado relevancia en el campo investigativo dado la capacidad predictiva de variables a corto plazo, de acuerdo con el énfasis que presta en el pasado reciente, más que en el distante, además de su simplicidad y practicidad para trabajar con pocas observaciones (mínimas 50) y series con variación estacional para su modelación y pronósticos (Aguado et al., 2016; Amaris et al., 2017). Matemáticamente, su expresión puede definirse de la siguiente manera.

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \text{-} \theta_1 \varepsilon_{t-1} \text{ -} \text{-} \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Ecuación 6. Modelo univariado autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA)

Donde ε corresponde al término de error aleatorio de ruido blanco, con media cero y varianza σ^2. El ajuste del modelo se realizará con la metodología Box-Jenkins planteada en García (2016) (estacionariedad, valores *p* [número de términos autorregresivos]; *d* [número de diferencias] y *q* [número de términos con promedios móviles], validación y predicción).

Sumado a lo anterior y lo que le contribuyó a ser catalogado premio nobel de economía fue la definición de los modelos de Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH) en el año 1982, que fueron mejorados por Bollerslev en 1986 con los modelos de Heterocedasticidad

Condicional Autorregresiva Generalizado (GARCH). Modelos que se describen de acuerdo con su aporte en la Tabla 4.

Tabla 4

*Antecedentes de modelos ARCH**

No	Año	Nombre	Autor(es)	Especificación Varianza	Aportación
1	1982	ARCH	Engle	$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$	Primera especificación y desarrollo.
2	1986	ARCH-M	Engle, Lilien y Robinson	$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$	Incorpora la desviación típica como explicativa.
3	1986	GARCH	Bollerslev	$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 h_{t-1}$	Generalizado sin restricciones con retardos infinitos.
4	1986	MGARCH	Geweke y Pantula	$Lnh_t = \alpha_0 + \alpha_1 Ln(\varepsilon_{t-1}^2) + \alpha_2 \, ln(h_{t-1})$	Varianza multiplicativa.
5	1986	IGARCH	Engle y Bollerslev	$h_t = \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + (1-\alpha) h_{t-1}$	Modelos integrados de varianza.
6	1989	EGARCH	Nelson	$Lnh_t = \alpha_0 + \beta_1 \, ln(h_{t-1}) + \gamma\left(\varepsilon_{t-1}/\sqrt{h_{t-1}}\right) + \alpha\left(\varepsilon_{t-1}/\sqrt{h_{t-1}} - \sqrt{2\pi}\right)$	Para funciones de densidad exponenciales.
7	1992	T-GARCH	Zakonian	$\sqrt{h_t} = \alpha_0 + \alpha_1\sqrt{h_{t-1}}\alpha_1\sqrt{h_{t-1}}\lvert\varepsilon_{t-1}\rvert + \alpha\sqrt{h_{t-1}}\, max(0, \varepsilon_{t-1})^2$	Modelos dinámicos. Media y varianza escalonada endógenas.

*Estos métodos son empleados en la estimación de la volatilidad de series temporales de alta frecuencia

Fuente: (Castro, 2021) (como se citó en Isaza, 2014)

Finalmente, en la búsqueda de definir estrategias y disminuir la incertidumbre en los mercados financieros, la teoría financiera, ha contribuido y sigue haciéndolo con el desarrollo de investigaciones centradas en resolver problemas como la determinación de la generación de valor, valoración de empresas, optimización de recursos, mitigación del riesgo financiero, manejo de mercado de capitales, rendimientos esperados, y métodos de planeación, evaluación y selección de proyectos (Flórez, 2008; Riascos & Enrique, 2016; Saavedra & Saavedra, 2012), temáticas que han centrado hasta la actualidad principios en ramas como las finanzas de mercado y corporativas.

Es de destacar como principales posiciones modernas la preocupación por involucrar en los análisis, además de la rentabilidad, la liquidez, el coste de capital, como insumo primordial en la decisión de la inversión, en el que se priorice la relación entre los recursos propios y de terceros, así también la vinculación del análisis de fondo de rotación, flujo de caja y política de dividendos en la toma de decisiones financieras. Bajo este enfoque, Gómez et al. (2021) consideran que:

> La pandemia de COVID-19 ha provocado la aparición de nuevas ramas de la literatura en el ámbito económico, entre las cuales se destacan tres: la primera relaciona la incertidumbre económica con las consecuencias originadas por la pandemia, la segunda rama estudia el nexo entre los efectos de la incertidumbre provocada por la pandemia de COVID-19 y los mercados financieros, por último, la tercera rama se ocupa de los efectos del COVID-19 sobre la volatilidad en los mercados financieros. (p. 4)

7.2. Marco contextual

Colombia se encuentra ubicado al noroccidente de la América del sur, con un área de 2.070.408 km^2, con limitación de Venezuela y Brasil al este, Perú y Ecuador al sur, y Panamá al noroeste. De acuerdo con su división política administrativa, está conformada por 32 departamentos, 1123 municipios y 5 distritos. Para el año 2021 según el Departamento Administrativo Nacional de

Estadística-DANE- (DANE, 2021) cuenta con un total de 51.049.498 habitantes, de los cuales el 76,2% se encuentran localizados en la cabecera municipal, mientras el porcentaje restante en los centros poblados y rural disperso; por actividad económica, las ramas de comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas; transporte y almacenamiento; alojamiento y servicios de comida (17%); administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria; educación; actividades de atención de la salud humana y de servicios sociales (15%); e Industria manufacturera (12%), fueron las de mayor dinamismo en el año 2020 (Banco de la república de Colombia [Banrep], 2020), no obstante, la coyuntura económica ante COVID-19 ocasionó que el producto interno bruto presentará crecimientos negativos por valor de 5,5%, una tasa de decrecimiento respecto al 2019 superior al ciento por ciento, con la implicación de un año de recesión económica (ANDI, 2020).

Bajo este contexto, la bolsa de valores de Colombia (BVC) es una sociedad anónima fundada en julio del año 2001, con ubicación en el centro del país, en la ciudad de Bogotá (BVC, 2021b), con la filiación de 65 empresas en los sectores industrial (58%), financiero (18%), servicios (9%), inversiones (6%), público (6%) y comercio, con un promedio aproximado de capitalización bursátil de $96.230 mil millones. Entre las principales ciudades de origen de las empresas vinculadas se establecen Bogotá, Cali y Medellín (Tabla 5) (BVC, 2021a).

Tabla 5

Ciudades y sector de las acciones filiadas a la bolsa de valores de Colombia en el año 2020.

Ciudad	Sector						
	Industri-	Financi	Servicio	Inversio	Público	Comerc-	Total
Barranquilla	1						1
Bogotá	9	9	4	1	3		26

Bucaramanga					1		1
Cali	9	1	1				11
Envigado						1	1
Ibagué	1						1
Itagüí	2						2
Medellín	12	2		3			17
Palmira	3		1				4
Tuluá (Valle del Cauca)	1						1
Total	**38**	**12**	**6**	**4**	**4**	**1**	**65**

Fuente: BVC (2021a)

Actualmente, la BVC hace parte del mercado integrado latinoamericano conformado por los países de México, Chile, Perú y Colombia, donde este último, es el tercer país con mayor capitalización por debajo de México y Chile (Canales, 2017; MILA, 2020).

7.3. Revisión de literatura

El caso del SARS-CoV-2 o COVID-19 se originó en Wuhan-China, el 31 de diciembre de 2019, con el primer reporte de deceso el 09 de enero de 2020, presentándose desde ese momento un crecimiento exponencial de contagio alrededor de todo el mundo. Para Colombia, el primer reporte se registró el 06 de marzo en Bogotá, atribuido a la procedencia de una mujer de 22 años desde la ciudad de Milán, Italia (Chaves, 2021). Dichos sucesos han motivado el desarrollo de investigaciones entre el año 2020 y 2021 en diferentes áreas para dar explicación a los acontecimientos y efectos que se venían presentado.

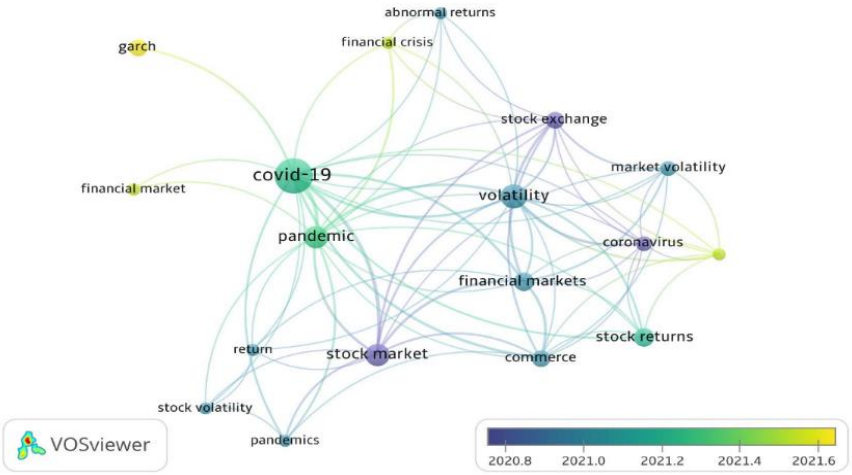
Desde de la revisión literaria, a partir de un análisis de bibliometría en el programa VosViewer versión 1.6.18, se identificaron un total de 34 documentos hasta el primer trimestre de 2022. El 88,2% de estos manuscritos son artículos publicados en revistas científicas, y el porcentaje restante documentos de conferencia. Para su caracterización, las técnicas empleadas de

búsqueda fueron coautor, citación y palabras claves, aplicadas a una base de datos de Scopus construida con la ecuación (TITLE-ABS-KEY ("*stock market**") OR TITLE-ABS-KEY ("*stock returns*") AND TITLE-ABS-KEY ("*stock exchange*") AND TITLE-ABS-KEY ("covid-19”) OR TITLE-ABS-KEY ("SARS-cov-2") AND TITLE-ABS-KEY ("*volatility*")).

Bajo ese contexto, la red construida en el análisis de palabras claves concurrentes en el campo de la investigación entre COVID-19 y mercados financieros (figura 1), se agrupó en cuatro clústeres de 34 manuscritos y 116 enlaces. Esta red fue limitada a un mínimo de dos ocurrencias con la identificación de 18 palabras de un total de 30, las cuales fueron seleccionadas a partir de una depuración previa de términos no relacionados y diferentes. Entre las palabras comunes se encuentran COVID-19, pandemia, mercado de valores, volatilidad y mercado financiero; términos que convergen con la mayoría de las investigaciones, donde se actúa de enlace con los de menor ocurrencia, como el caso de los modelos GARCH, bolsa de valores, retornos anormales, comercio, entre otros.

Figura 2

Red de palabras claves concurrentes.



Fuente: Elaboración propia usando la base de datos VosViewer y Scopus

Figura 3

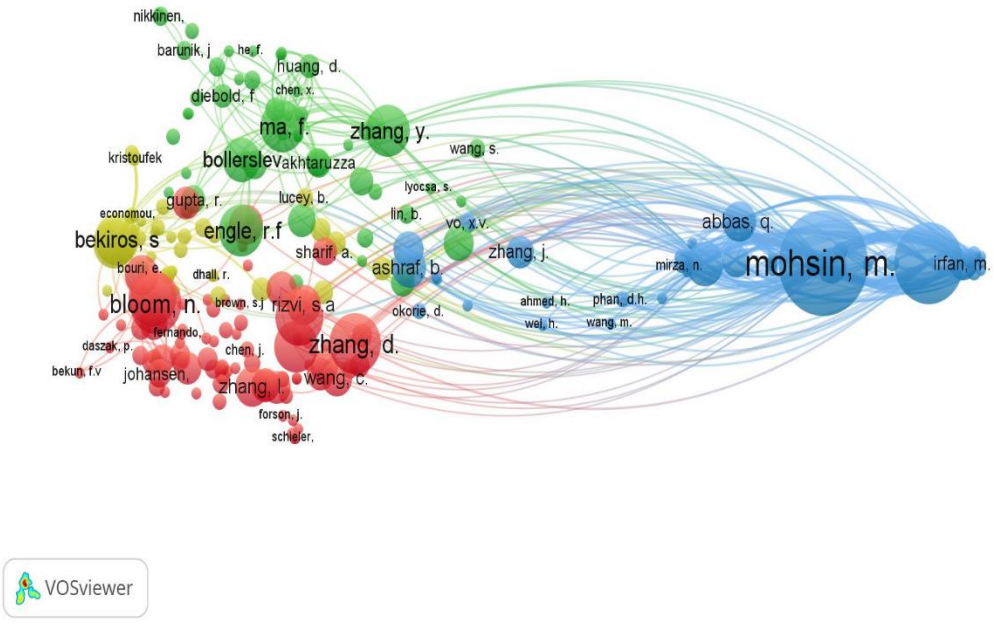
Red de paises.

Fuente: Elaboración propia usando la base de datos VosViewer y Scopus

Los países líderes en la producción de conocimiento y con redes de colaboración, entre ellos, han sido India, Pakistán, Arabia Saudita y China. La red exhibe un resultado de ocho elementos, diez enlaces y la presencia de cuatro clústeres, donde India y China son los más sobresalientes. Este tipo de análisis sugiere que las regiones que se han convertido en líderes en la generación de conocimiento, se han constituido en punto de partida para la construcción de nuevas iniciativas en referencia al efecto de la pandemia en diversos sectores económicos, con fortalecimiento así las redes de investigación en el mundo. En el caso de Latinoamérica, México y Chile, han avanzado en esta área de análisis. Por su parte, en Colombia los estudios respecto a la temática propuesta se limitan a dos, según registros de Scopus. Así mismo, de acuerdo con el horizonte de tiempo, el III y IV trimestre del 2020 fueron los periodos de mayor generación de conocimiento.

Figura 4

Autores citados.



Fuente: Elaboración propia usando la base de datos VosViewer y Scopus

Finalmente, desde el análisis de los autores con mayor citación se identificaron 224 investigadores y 9354 enlaces, agrupados en 4 clústeres, sin embargo, tal como se evidencia en la figura 3. En el caso de los autores con mayores citaciones corresponden a: Mohsin, M.; Iqbal, W.; Ma, F.; Bloom, N.; Lahmiri, S.; Bekiros, S.; y Zhang, Y.

A nombrar algunos de ellos, se encuentran los estudios de Zhang et al. (2020) los cuales evaluaron patrones de riesgos de tipo sistémicos en diversos mercados accionarios en el mundo, además de la incidencia de políticas en estos, dentro de esa misma corriente se encuentra la investigación de Ramelli et al. (2020) quienes analizaron la coyuntura en el mercado financiero de Europa; por su parte Baker et al. (2020) hizo lo mismo para conocer la dinámica en los EE.UU, y Topcu & Gulal (2020) analizaron el impacto de COVID en mercados bursátiles emergentes, en el que se concluyó que China fue el más afectado.

En Latinoamérica se destacan los estudios de Mendoza et al. (2020) los cuales investigaron el efecto generado por el COVID-19 sobre índices bursátiles, tipo de cambio y tasas de interés de México, Brasil, Chile y Colombia a través del índice de letalidad, con lo que se llega a concluir el efecto negativo de la pandemia en el mercado financiero, más no en los tipos de cambios.

En Colombia, estudios como los de Romero (2021) y Páez & Peña (2020) presentan un espacio de análisis limitado al primer trimestre de iniciada la pandemia, de ahí los efectos *ex-post* al COVID-19 son dejados de lado. Entre algunas conclusiones se establece la incidencia directa de la pandemia sobre el mercado financiero desde el tercer trimestre del año 2020, así mismo el efecto de otras variables macroeconómicas, entre ellas TRM, DTF, precio de petróleo. Además, de resaltar la relación inversa con riesgo y rentabilidad, en el marco de la paradoja de Bowman.

Estos tipos de estudios han recurrido en sus discursos a la teoría del análisis técnico propuesta por Charles Dow, el cual según lo describe (Murphy, 2016) permite comprender la dinámica del mercado accionario mediante el uso de gráficos y herramientas estadísticas, en el que se analiza el comportamiento histórico con el fin de identificar posibles tendencias hacia el futuro.

Vale señalar, que la presente investigación, además de generar conocimiento a nivel estadístico y econométrico, sus análisis no solo estarían orientados a un horizonte de tiempo corto de inicio de pandemia, sino, por lo contrario, contemplará una serie de tiempo *ex – antes y ex -post* encaminada a una propuesta propositiva de posibles acciones que respondiera de mejor manera los choques del COVID-19.

8. Metodología

8.1. Tipo, enfoque y método de investigación

La investigación será de carácter cuantitativo, con un tipo de estudio descriptivo, analítico, correlacional y propositivo; debido a que buscará medir el efecto del COVID-19 sobre los precios y la volatilidad de las rentabilidades diarias de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, además de la aplicación del análisis estadístico, suceso que contribuirá al conocimiento necesario para plantear o proponer una cartera de acciones eficientes ante la coyuntura.

8.2. Operacionalización de los objetivos

Respecto a la naturaleza cuantitativa de las temáticas a desarrollar, la información será depurada en primera instancia a través de la herramienta ofimática de Excel, con el fin de eliminar distorsiones y crear una base de datos estandarizada y procesada mediante gráfico, tablas y análisis econométricos en los programas STATA y R, para ser analizada.

8.2.1. Análisis descriptivo

Bajo ese contexto, para el análisis descriptivo se empleará medidas, tendencia central y dispersión como media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, coeficiente de sesgo de Pearson y correlación. Fórmulas matemáticas que se describen a continuación.

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 \dots x_n)/n = \sum_{i=1}^{n} x_i \, /n$$

Ecuación 8. Expresión matemática de media muestral $(\bar{x})$

Dónde:

$x_1 \dots x_n$: $Son\ las\ observaciones\ individuales$

n: $Número\ total\ de\ observaciones$

$$s^2 = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \frac{\bar{x})^2}{n} - 1$$

Ecuación 9. Expresión matemática varianza de la muestra (s^2)

Dónde:

x_i: $Son\ las\ observaciones\ individuales$

$\bar{x}$: $media\ muestral$

n: $Número\ total\ de\ observaciones$

$$s = \sqrt{s^2}$$

Ecuación 10. Expresión matemática de desviación estándar (s)

Dónde:

s^2: $Varianza\ de\ la\ muestra$

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} * 100$$

Ecuación 11. Expresión matemática del coeficiente de variación (CV)

Dónde

$s\ y\ \bar{x}$: $Variables\ que\ ya\ han\ sido\ descritas\ con\ anterioridad$

$$P = \frac{3(\bar{x} - mediana)}{s}$$

Ecuación 12. Expresión matemática del coeficiente de sesgo de Pearson (P)

Dónde

$s\ y\ \bar{x}$: $Variables\ que\ ya\ han\ sido\ descritas\ con\ anterioridad$

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})$$

Ecuación 13. Expresión matemática del coeficiente de correlación (r)

Dónde:

$s_x\ y\ s_y$: $Desviación\ típicas\ de\ las\ variables$ "x" e"y"

s_{xy}:$Covarianza\ muestral\ de$ x" e y", $que\ se\ puede\ definir\ como\ la\ media\ de\ los\ productos\ de\ las\ desviaciones\ de$ x" e y", $y\ de\ sus\ medias\ muestrales$

Para el cálculo de los rendimientos de cada una de las acciones, se empleará el método continuo, el cual se define así:

$$R = Ln\left[\frac{Vr_{acción_{periódo_t}}}{Vr_{acción_{periódo_{t-1}}}}\right]$$

Ecuación 14. Expresión matemática para el cálculo del rendimiento de cada acción (R)

Una vez establecidos los rendimientos, se realizará la prueba de Dickey-Fuller, para evaluar la presencia de estacionariedad, a partir de las hipótesis descritas $H_o=1$: *Presencia de raíz unitaria, la serie no es estacionaria;* $H_1<0$: *No presencia de raíz unitaria, la serie es estacionaria*. Es decir, con el proceso de estacionariedad, se busca que todos los componentes de su distribución de probabilidad se mantengan constantes en un horizonte de tiempo determinado, en el caso de no presentarse este supuesto, Riascos (2014) menciona que existirá poca confiabilidad en la inferencia de pruebas convencionales tanto globales como individuales, lo que ocasionaría que el análisis y la capacidad predictiva se debilite.

En ese sentido, el no cumplimiento de estacionariedad requerirá la inclusión de diferencias hasta que el modelo sea ajustado (Gujarati & Porter, 2010).

De otra parte, a las series se les aplicará pruebas de normalidad. De acuerdo con las de Jarque Bera y Anderson-Darling. Finalmente, se realizará la matriz de momentos estadísticos con las acciones seleccionadas. Dicho instrumento contendrá i) rentabilidad promedio; ii) riesgo-volatilidad; iii) riesgo marginal; iv) índice Sharpe, y v) diferencia Sherby-Shev.

8.2.2. Estimación modelos econométricos familia GARCH

La transmisión de la volatilidad del COVID-19 en el índice MSCI COLCAP de Colombia y la comparación frente a los índices bursátiles de Brasil (Bovespa), Chile (IPSA), Perú (IGBVL) y México (IPC), durante los años 2020-2022, se hará a partir de la estimación de los modelos en el marco de la familia GARCH (Tabla 4) con el fin de mirar cual es el de mayor ajuste.

No obstante, vale mencionar que el análisis de la incidencia del riesgo por COVID-19 en los retornos y la volatilidad en el mercado de la bolsa de valores de Colombia, podría haberse estimado por modelos econométricos como el de vectores autorregresivos -VAR-, redes

neuronales por *Backpropagation*, autorregresivo integrado de media móvil-SARIMA-, pruebas de cointegración, regresión de cuantiles de panel, mínimos cuadrados generalizados estimados de panel (panel-EGLS), entre otros.

Empero, la elección se orientó en la familia GARCH debido a que se emplean con mayor frecuencia en la rama de las finanzas, porque permiten trabajar con series donde la varianza no es constante en el tiempo y las distribuciones no son normales; características que sobresalen en los activos financieros. Es decir, se da la presencia de escenarios con larga volatilidad, seguidos de períodos de baja volatilidad, lo que evidencia clústeres o heterocedasticidad. Así mismo, algunas variantes de esta familia permiten identificar la posible existencia de efectos de apalancamiento, en otras palabras, determinan si la volatilidad se comporta diferente en relación con las innovaciones positivas frente a las negativas.

Se resalta que, en las estimaciones econométricas, no se aplica procesos comparativos entre diversos modelos de volatilidad diferentes a los GARCH, para identificar si son más o menos competitivos que los otros, debido a que eso implicaría otro tipo de estudio y su aplicación, desorientaría el objetivo dos, propuesto en la presente investigación.

Vale mencionar que la distribución elegida para las estimaciones, se evaluaran a partir de los criterios Akaike (AIC), Schwarz (BID), Hannah-Quinn(H-Q) y Log likelihoog. Con los cuales se determinará si la mejor opción es normal (Gaussiana), t-*student* o por errores generalizados (GED). Este procedimiento se aplicará atendiendo a que las series se caracterizan por presentar distribuciones leptocúrticas (Muñoz & Gálvez, 2021).

Para probar el impacto mensual, en el periodo 2020, que se consideró como crítico en los mercados financieros, de referencia con la revisión literaria. Se trabajará con un análisis de

sensibilidad de acuerdo con la metodología de Marín et al., (2022), con el fin de identificar periodos fuerte de crisis en la muestra y reconocer su durabilidad. De igual manera, se definirá la curva de impactos para distinguir como la volatilidad de los retornos del índice colombiano, responde ante las innovaciones positivas o negativas del mercado.

En el caso de la estimación de la función impulso-respuesta en la volatilidad (VIRF), se empleará el método VARX-GARCH-BEKK, dado la inclusión de una variable exógena (COVID-19) al comportamiento de la volatilidad del índice bursátil de Colombia, además de la presencia de efectos ARCH. En ese sentido, se extraerá del modelo GARCH, la serie de varianza y residuales para luego ser incluido en el VARX. Lo descrito se realizará bajo las metodología de Allen et al., (2015); Hafner & Herwartz, (2001); Toledo & Caravaggio, (2020), esta decisión, es atribuida al más sencillo de los modelos, debido a su especificación. No obstante, en la literatura, se pueden encontrar cálculos más estructurados como el caso de los VARX-MGARCH en media, VAR-EGARCH y FIGARCH. Con el fin de ratificar lo obtenido, en el VIRF se realizará la prueba de Causalidad de Granger.

Para la detección de los cambios estructurales se hará uso de la prueba clásica de punto de quiebre de Quandt-Andrews, en el que no se conoce la fecha o el momento donde se presentó el cambio de la serie (Girón, 2018). Para ello, se tendrá en cuenta la siguiente expresión matemática, la cual parte del modelo de quiebre de Chow.

$$Max.F = ((F(\tau))$$

$$\tau_1 \leq \tau \leq \tau_2$$

$$F = \frac{RSSR - (USSR_i)}{\frac{k}{\frac{(USSR_i)}{n - 2k}}}$$

Ecuación 15. Expresión matemática para la estimación del punto de quiebre de Quandt-Andrews

Dónde:

τ: $Puntos\ entre\ los\ límites\ del\ 15\ y\ 85\%\ de\ la\ muestra\ denotados\ por\ \tau_1\ y\ \tau_2$

F: $Prueba\ de\ Chow$

$RSSR$: $Suma\ de\ errores\ al\ cuadrado\ de\ la\ regresión\ completa$

$USSR_i$: $Suma\ de\ errores\ al\ cuadrado\ de\ cada\ una\ de\ las\ submuestras$

k: $número\ de\ parámetros$

n: $tamaño\ de\ la\ muestra$

No obstante, si el modelo presenta problemas de heteroscedasticidad, se empleará la prueba MZ, que al ser una suma de dos ratios de verosimilitud presentará mayor potencia de cálculo que otras pruebas (Morales & Vélez, 2020).

8.2.3. Construcción cartera Teoría de Markowitz y análisis de componentes principales

Se obtendrá las matrices de rendimientos continuos, correlaciones, varianzas-covarianzas y/o corriesgos, indicadores de dispersión, participaciones o riqueza, la cual se hará desde un análisis *ex-ante* con un periodo de referencia para los años 2016 a 2018 *y ex-post* 2019 a 2022, en las 10 acciones con mayor representatividad del MSCI COLCAP (Colombia). Estimaciones que se harán bajo el proceso metodológico descrito por Melo (2015).

Posteriormente, se efectuará la aplicación del modelo de Markowitz para identificar la frontera de eficiencia y la cartera óptima del inversionista, con aclaración de que él, podrá desplazarse a lo largo de la curva en relación con el perfil de riesgo, que para el caso objeto de estudio se asumirá tendrá una categoría media, es decir, lo que se espera con la investigación es

identificar una cartera que brinde la mayor rentabilidad a un nivel de riesgo moderado. Este perfil se define con antelación con el propósito de obtener los informes de respuestas, de sensibilidad y límites a través de la programación lineal que permite hacer el *software* libre R.

No obstante, si los análisis preliminares identifican variaciones que impiden el cumplimiento de los supuestos econométricos como el caso de normalidad debido a los efectos de valores extremos o atípicos, es decir, valores que están lejos del desempeño general de otras observaciones y pueden afectar los resultados llevándolos a estimaciones erróneas, se aplicará el estimador robusto de Covarianza de Mínimos Determinantes -MCD- para solventar dicho inconveniente (Gutiérrez et al., 2018).

Finalmente, se aplicará la técnica multivariada de análisis de componentes principales-PCA- con el fin de poder identificar características partículas de un grupo de acciones que permita tomar mejores decisiones en la selección de cartera, para ello se guiará en la metodología de Quiroga & Villalobos (2015).

La valoración del riesgo del portafolio se realizará bajo el modelo VaR de simulación de Montecarlo con relación a la metodología de Trejo & Gallegos (2021), en el que describe la estructuración de una matriz de varianza y covarianza de los rendimientos de la acción y poder obtener la descomposición de Cholesky. A partir de ello, se establecerán 10.000 simulaciones por cada una de las variables y obtener los escenarios a un nivel de confianza del 95 y 99%, proceso que se ejecutará en el programa R.

Como complemento al anterior indicador y a razón de identificar el tamaño de las pérdidas que excede el VaR, se desarrollará el método CVaR.

Así mismo, los resultados obtenidos se comparan con el ETF (fondo cotizado en Bolsa) de Colombia denominado ICOLCAP, para determinar cuál correspondería la mejor opción en términos de rendimiento y riesgo.

8.3. Fuentes de recolección de información

La información del registro histórico de las cotizaciones de renta variable en Colombia, índices MSCI COLCAP, Bovespa, IPSA, IGBVL e IPC, se recopilará de fuentes secundarias en portales web como grupo aval, Yahoo *Finance, Investing* y Bloomberg.

Al considerar que la información es secundaria, la técnica de recolección será a través de medio web, con las páginas de reportes diarios financieros, ministerio de salud y protección social, y portales de difusión de producción científica como Scopus, Dialnet, Scielo, Latindex, LatinRev, estos tres últimos empleados en la estructuración del marco de referencia y discusión.

8.4. Población de estudio

La población objeto de estudio estará constituida por 10 de las acciones con mayor participación del MSCI COLCAP para el 2021, y que forman parte de las 65 empresas de la bolsa de valores de Colombia. Acciones que se describe en la Tabla 6.

Tabla 6

Acciones con mayor participación en índice MSCI COLCAP para el periodo 2020-2021

N°	NOMBRE	PONDERACIÓN	SECTOR
1	PFBANCOLOMBIA	16,59	Financiero
2	ECOPETROL	16,45	Energía
3	INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA SA ESP - ISA-	10,48	Suministros
4	BANCOLOMBIA	10,14	Financiero
5	EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ SA	7,00	Suministros

6	PFGRUPOAVAL	4,21	Financiero
7	NUTRESA	4,13	Productos de primera necesidad
8	ARGOS	4,02	Materiales
9	GRUPOSURA	3,81	Financiero
10	DAVIVIENDA	3,34	Financiero

Fuente: Bloomberg (2020-2021)

9. Incidencia del SARS-COV-2 (COVID-19) en los rendimientos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia (BVC)

9.1. Una mirada preliminar a la incidencia del COVID-19 en las acciones de mayor participación del MSCI COLCAP E INDICES MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC, IPSA

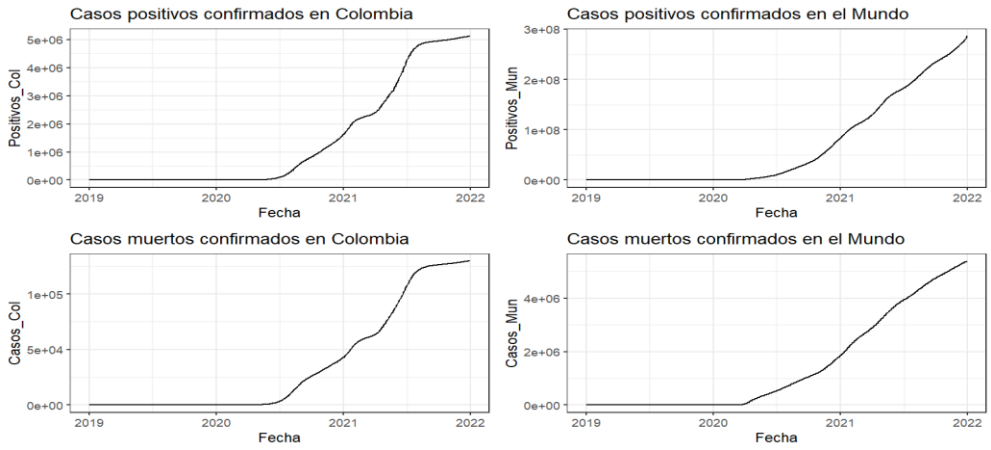
A continuación, se presentará un análisis detallado de la incidencia del COVID-19 en el mercado bursátil de Colombia, para ello, se realizará una descripción del comportamiento de los registros de casos confirmados y muertos a nivel nacional e internacional, así como también el de las diez principales acciones que conforman el MSCI COLCAP.

Las series de tiempo descritas en el primer capítulo contemplará un análisis exploratorio de los registros diarios desde el 01 de enero de 2019 al 19 de agosto de 2022. Es decir, se contará con un total de 936 observaciones. Los datos *missing* para aquellas acciones que no registraron precios en una fecha determinada se completaron con la información del periodo anterior, con el fin de establecer la misma cantidad de valores en toda la base de datos.

9.1.1. Análisis de la serie de tiempo COVID-19

Figura 5

Evolución de los registros diarios de COVID-19 en Colombia y en el mundo durante el periodo 2019 a 2022



Fuente: Elaboración propia con base en registro del Ministerio de Salud de Colombia

La inspección visual de la serie COVID-19 (Figura 5) permite indicar que los registros diarios en el mundo presentaron un aumento paulatino desde el 14 de enero de 2020. Sin embargo, a los 21 días del mismo mes su crecimiento empezó a ser exponencial, con una tasa de letalidad promedio en el periodo de 2019 a 2021 del 2,93% por cada 100 habitantes. En Colombia, el incremento leve empieza desde el 06 de marzo de 2020, con el primer registro positivo, y su crecimiento exponencial a partir del 25 del mismo mes, tanto de casos positivos como muertes reportadas, con una letalidad promedio 2,83% entre 2019 y 2021.

De acuerdo a la coyuntura descrita, Baquero & Liñan, (2020) mencionan que la economía colombiana, tuvo varias afectaciones, entre ellas el exceso de oferta de alimentos, en especial del

sector agropecuario, con detrimentos significativos al ser los productos perecederos; pérdida en el poder adquisitivo; incremento en tasas de desempleo, disminución en las exportaciones, devaluación de la moneda interna y encarecimiento de las importaciones. Por su parte, Mejía, (2020) ratifica que las débiles acciones que tomaron China y Estados Unidos en referencia al control de la propagación del virus, generó incertidumbre, con salidas de capital y depreciación del tipo de cambio, en países emergentes, además de la reducción de la demanda mundial del petróleo, que se agudizó con la guerra de precios entre Rusia y Arabia Saudita, llegando a niveles de $25 dólares por barril. Este tipo de situaciones motivo fuertes volatilidades en el mercado cambiario a razón de los "*flight to quality*", donde los países emergentes fueron los más afectados.

9.1.2. Análisis de las series de tiempo acciones MSCI COLCAP: PFBancolombia, BanColombia, Ecopetrol, ISA, GEB, ARGOS, PFAVAL, Davivienda, GrupoSur, Nutresa

Contexto empresarial. A continuación, se presenta una breve reseña de las empresas en las cuales se enmarca este estudio:

Bancolombia: Entidad financiera con más de 146 años de experiencia, se encuentra vinculada al Grupo Bancolombia (Bancolombia, Banistmo, Banco Agrícola y BAM). Sus oficinas se ubican en Colombia en las ciudades de Medellín y Bogotá, con disposición de 603 sucursales, 5.003 cajeros y 23.787 corresponsales bancarios. Sus áreas de operación, además de Colombia son: Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Islas Caimán, Panamá, Perú y Puerco Rico. En la bolsa de valores de Colombia, reporta dos emisores, uno relacionado con el Banco y otra a la preferencial Bancolombia, esta última acción que será empleada en este estudio reportó como capitalización bursátil al cierre del primer semestre del año 2022 $14.332.281 billones de pesos.

Ecopetrol: Es una organización vinculada al ministerio de minas y energías de Colombia, de economía mixta, donde la República de Colombia, es su mayor accionista, con una contribución

del 88,49%. Con respecto a la cadena de hidrocarburos, participa en todos los eslabones. Su accionar se enmarca en el centro, sur, oriente y norte del país, cuenta con dos refinerías en Barrancabermeja y Cartagena, además de ser propietaria de tres puertos para exportación e importación de combustibles y crudos, así como también de oleoductos y poliductos a partir de su filial Cenit. En referencia a su dinámica en el mercado bursátil, está lista en la bolsa de valores de Colombia y Nueva York, representada en ADR (American Depositary Receipt). Para el cierre del primer semestre del año 2022, la capitalización bursátil correspondió a $92.635.913 billones de pesos.

Davivienda: Es un banco colombiano con una trayectoria de 49 años en el mercado financiero, perteneciente al grupo Bolívar, con servicios financieros a personas naturales y jurídicas; su accionar se extiende a países como Panamá, Costa Rica, Honduras, El Salvador y Miami. Entre sus otras filiales se encuentran la fiduciaria Davivienda, corredores Davivienda y Rappi Bank. Al cierre del primer semestre del año 2022, la capitalización bursátil correspondió a $3.639.380 billones de pesos.

ISA: Corresponde a la empresa de transporte de energía de Colombia, con mayor reconocimiento en Latinoamérica, con atención a países como Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil y Chile. Entre los tres principales accionistas a corte de 31 de diciembre de 2021 se encuentran, Ecopetrol (51%), Empresas públicas de Medellín E.S.P. (9%) y Fondo de pensiones obligatorias Porvenir moderado (8%).

El grupo ISA dispone de una política para la gestión del riesgo con el fin de asegurar la continuidad del negocio frente a diversos escenarios que enfrentan y mantener la integralidad de los recursos empresariales. Al cierre del primer semestre del año 2022, la capitalización bursátil correspondió a $3.639.380 billones de pesos.

GRUPO ARGOS: Conglomerado de Colombia fundada en 1934, con inversiones en los sectores energético y de construcción. Sus operaciones comerciales se enmarcan en los países de Colombia, Estados Unidos, Panamá, Honduras y el Caribe. Dispone de una planta de generación hidroeléctrica, térmicas, solares y eólicas; entre sus filiales se encuentran Celsia, Odinsa y Cementos Argos. Al cierre del primer semestre del año 2022, la capitalización bursátil correspondió a $1.565.403 billones de pesos.

GEB: Fundada en 1896, cuya dinámica empresarial se enfoca en la generación y distribución de energía eléctrica, lo que le ha permitido ser la segunda empresa de mayor reconocimiento en Colombia en este sector. Su principal accionista es la alcaldía de Bogotá, con una participación del 65,68%. Su área de operación es Colombia, Perú, Brasil y Guatemala. Entre sus filiales se destacan: Grupo energía de Bogotá S.A., EEB Perú Holdings Ltda., EEB ingeniería y servicios S.A., Transportadora de Gas internacional del Perú-Comtugas S.A.C., Transportadora de energía de Centroamérica-TRECSA S.A., GEBBRAS participacoes Ltda., Gas natural de Lima y Callo-Cálidda S.A., Consorcio Transmantaro S.A., y Red de energía del Perú-REP S.A. Al cierre del primer semestre del año 2022 la capitalización bursátil correspondió a $18.343.992 billones de pesos.

Grupo AVAL: Se enmarca en las actividades de la industria financiera, telecomunicaciones y finca raíz. Con accionar en los países de Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panamá, Salvador, Nicaragua, Islas Caimán, Bahamas, Barbados y Estados Unidos. Entre sus filiales se encuentra BAC Credomatic. En la bolsa de valores de Colombia, reporta dos emisores, uno relacionado con el Banco y otra a la preferencial AVAL, esta última acción que será empleada en este estudio reportó una capitalización bursátil al cierre del primer semestre del año 2022 de $5.652.611 billones de pesos.

Grupo Sura: conocido como grupo de inversiones suramericana fue fundada en 1945 y se encuentra presente en 11 países de Latinoamérica (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Salvador, Guatemala, México, Panamá, Perú, República Dominicana y Uruguay). Los principales productos son los seguros, pensiones, ahorro, inversiones, cemento, energía y banca. La entidad es la única en Latinoamérica en hacer parte del índice Dow Jones, en relación con los servicios financieros diversos y mercado de capitales, se encuentra vinculada al programa ADR de nivel uno en Estados Unidos. En la bolsa de valores de Colombia, reporta dos emisores, uno relacionado con el grupo y otra a la preferencial SURA, la primera de ellas que será empleada en este estudio reportó como capitalización bursátil al cierre del primer semestre del año 2022 $18.388.796 billones de pesos.

Nutresa: Conglomerado fundado en 1920 dedicado a la producción, distribución y comercialización de alimentos y dulces como chocolates, carne procesada, galletas, café, pastas, helados y fiambres, con un área en ventas en 65 países, su sede principal se encuentra en la ciudad de Medellín (Colombia). Cuenta con 12 filiales, entre ellas, galletas NOEL, Alimentos Zenú, Alicapsa, TMLUC, Meals y Setas de Colombia, Colcafé, pastas Doria, Compañía Nacional de Chocolates, Oriental Coffee Alliance y Kibo Foods. Al cierre del primer semestre del año 2022, la capitalización bursátil correspondió a $18.127.132 billones de pesos.

Evolución de precios históricos diarios acciones MSCI COLCAP. Del contexto anterior, la Figura 6 exhibe el comportamiento diario que tuvieron estas acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia durante el periodo 2019 y 2022. Es notable en el análisis preliminar la incidencia que tuvo el COVID-19 en el primer trimestre del año 2020, con reducciones significativas del valor de las acciones en el mercado, atribuido a la gran incertidumbre y nerviosismo que se generaba en el mundo, ante el poco control del virus biológico, llegando a niveles críticos en la segunda semana del mes de marzo cuando fueron suspendidas las negociaciones en la bolsa de valores (Romero, 2021).

A continuación, se hace una breve descripción del comportamiento de las acciones en tiempos de pandemia.

Preferencial Bancolombia: entre el periodo comprendido para el año 2019 e inicio de febrero de 2020, se observan incrementos en los precios de la acción, no obstante, ante el primer de reporte de Coronavirus el 06 de marzo en Colombia y declaración mundial como pandemia el 11 del mismo mes, los registros diarios exhibieron una tendencia significativa hacia la baja hasta finales del primer trimestre. A pesar de que los precios vienen recuperándose posterior a esta fecha, no llegan a los reportes más altos registrados entre el 02 y 07 de febrero de 2020, con un importe promedio de $42.710.

Bancolombia: el comportamiento de la acción ha sido similar a lo vivido por preferencial Bancolombia. A pesar de que los precios han tenido una tendencia alcista, esta no supera al reporte más alto registrado el 24 de diciembre de 2019, correspondiente a $45.500.

Ecopetrol, Davivienda: para las acciones descritas, la tendencia alcista históricas solo se presentó hasta finales del mes de febrero de 2020, al igual que las anteriores acciones analizadas afectadas por la incertidumbre por COVID-19. Vale mencionar, que la recuperación no ha sido

significativa, de ahí que el comportamiento alcista no llegue a superar los precios históricos más altos reportados para el 21 de marzo de 2020, en el caso de Ecopetrol ($3.565) y 13 de febrero del mismo año, en referencia a Davivienda ($46.900).

ISA y GEB: la dinámica de estas acciones son algo singular. A comienzos de las series, presentaron una tendencia leve de crecimiento, sin embargo, con el COVID-19 sus dinámicas se vieron afectadas con precios históricos bajos, no obstante, su recuperación se ha caracterizado por presentar cotizaciones superiores a las registradas en el 2019; esta situación se atribuye a su razón social, como la prestación de servicio energético y TIC, que, dado los confinamientos, implicó que los hogares utilizaran más estos tipos de productos.

ARGOS y Grupo Sur: las acciones mencionadas presentaban una tendencia constante antes de los registros por COVID-19, donde su desplome fue hasta el primer trimestre de 2020. No obstante, las cotizaciones han venido recuperados, aunque por debajo de los precios históricos más altos reportados el 01 de enero de 2020 para ARGOS ($18.980) y 21 de marzo de 2020 por Grupo Sur ($37.160).

Nutresa: hay un comportamiento estable después del alza presentada en el primer mes del año de 2019. Sin embargo, con la aparición del COVID-19, se registraron históricos bajos. La recuperación de los precios ha sido hacia el aumento con un repunte para el 11 de noviembre de 2021 de $29.400, atribuido a la primera intención de oferta pública de adquisición (OPA) por el grupo *Gilinski*.

PAVAL: tal como se puede apreciar la acción preferencial AVAL, ha tenido reducciones desde finales de 2019 a razón del alza en los importes del dólar. Sin embargo, los precios de la

cotización han venido recuperándose, aunque por debajo del histórico más alto reportado el 07 de octubre de 2019 ($1.500).

Los impactos negativos a los cuales se vieron expuestas las acciones de Colombia, no fueron ajenas a los de otros mercados bursátiles, que ante la falta de confianzas generó altos niveles de riesgo y pérdidas significativas en un periodo muy corto de tiempo (Bagão et al., 2020). De ahí que, como lo describen Zhang et al., (2021), quizás el impacto económico del anuncio del COVID-19 como pandemia haya sido en un corto plazo, sin embargo, su incidencia en los mercados de valores en el mundo se extenderá por un largo tiempo.

Así mismo, como lo relacionan, (Endri et al., 2022; Jindal & Gupta, 2022; D. Zhang et al., 2020a), la pandemia puso en tela de juicio la capacidad de reacción de los países en desarrollo y emergentes ante estos tipos de sucesos, sin embargo, aluden que en los mercados bursátiles, existieron acciones que se vieron favorecidas por la coyuntura debido a su razón social, como por ejemplo aquellas relacionadas con entretenimiento, telecomunicaciones, transporte y energía, en Colombia el caso de ISA y GEB.

Es de aclarar, tal como lo refiere Riascos, (2009) que el análisis técnico basado desde la revisión esquemática de precios históricos no permite una visión amplia de la realidad del rendimiento accionario, en ese sentido, es necesario realizar estudios profundos como el presentado a continuación sobre quiebres estructurales y cambios en los rendimientos continuos.

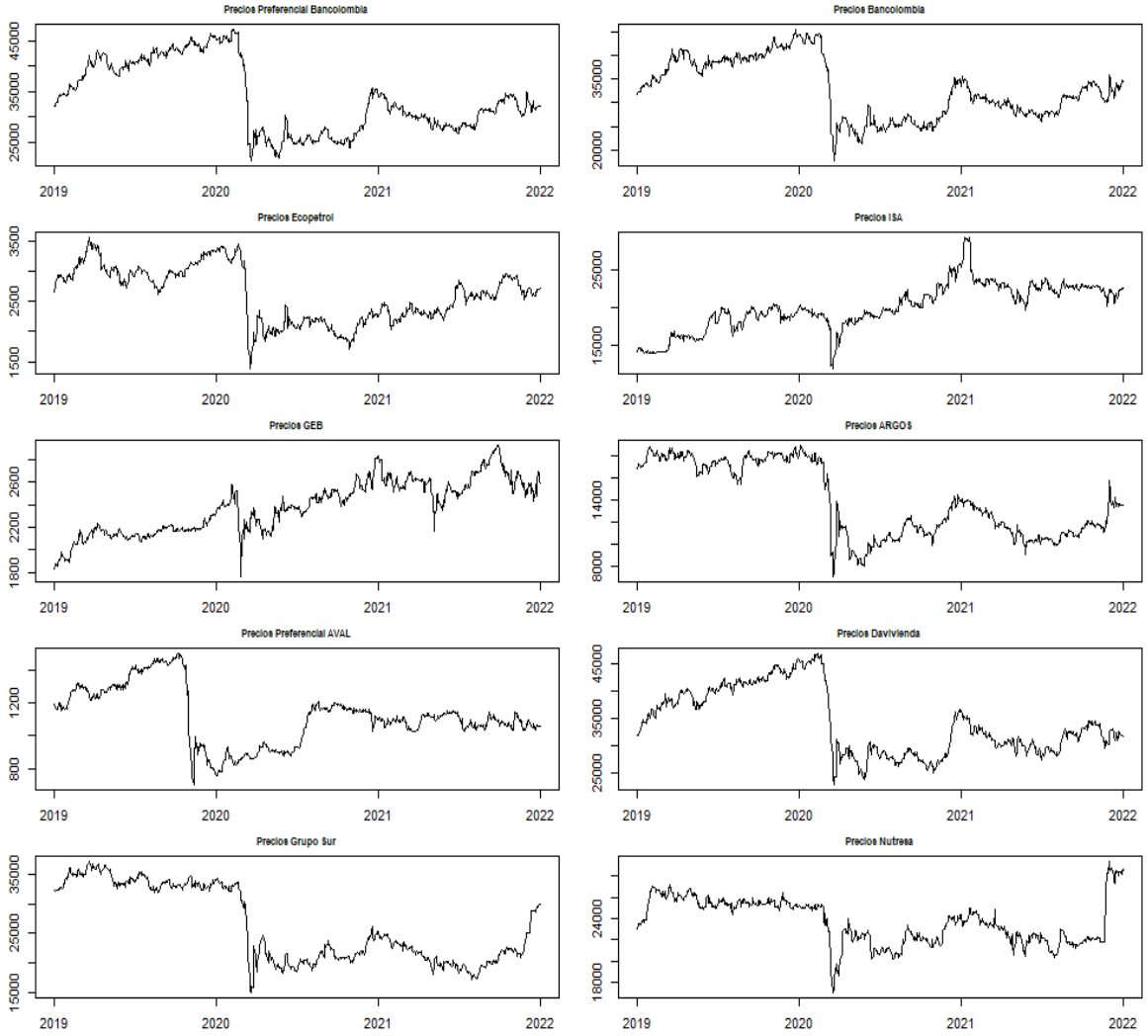
Las acciones del MSCI COLCAP en su mayoría, tal como se indica en las Figuras 7 y 8 cuentan en promedio con cuatro rupturas de estructura, lo cual es evidente con la prueba de *Cusum*, donde los precios históricos diarios graficados fluctúan lejos del valor de cero, separándose de los límites de significancia, marcados con color rojo, con lo que se concluye su inestabilidad.

Entre los cambios, que motivaron rupturas con tendencia a la baja, se encuentran el incremento de contagios y muertes por COVID-19 en el primer trimestre del 2020, en el que se declara emergencia sanitaria en Colombia, y propagación de las variantes delta, ómicron, alfa y mu. En el caso de los sucesos con afectaciones positivas, se resaltan las políticas gubernamentales respecto a las decisiones de reactivación progresiva con reaperturas económicas selectivas, apoyo monetario y alivio tributario para empresas a partir de nuevas medidas de emergencia económicas, e inicios de esquema de vacunación.

En referencia a los cambios estructurales identificados en el año 2019 antes del mes de diciembre, como lo reportado para las acciones de PfBancolombia, Bancolombia, ISA, PfAVAL, GEB, GrupoSur, Ecopetrol y Davivienda, sus variaciones han estado influenciadas por los siguientes acontecimiento: paro nacional registrado a finales del mes de noviembre, incremento del dólar, además de sucesos internacionales como la guerra de precios del petróleo entre Rusia y Arabia Saudí y la guerra comercial con China y Estados Unidos.

Figura 6

Evolución de los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022



Nota: Primera Ola (marzo a octubre de 2020); Segunda Ola (octubre de 2020 a marzo de 2021); Tercera Ola (marzo a diciembre de 2021); Cuarta Ola (diciembre de 2021 a abril de 2022); Quinta Ola (mayo 2022 a la fecha)

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Figura 7

Identificación de quiebres estructurales de los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022

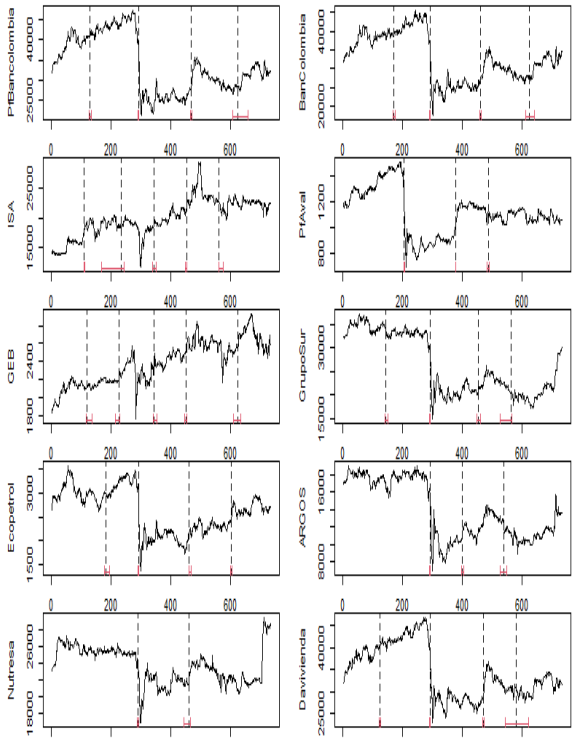
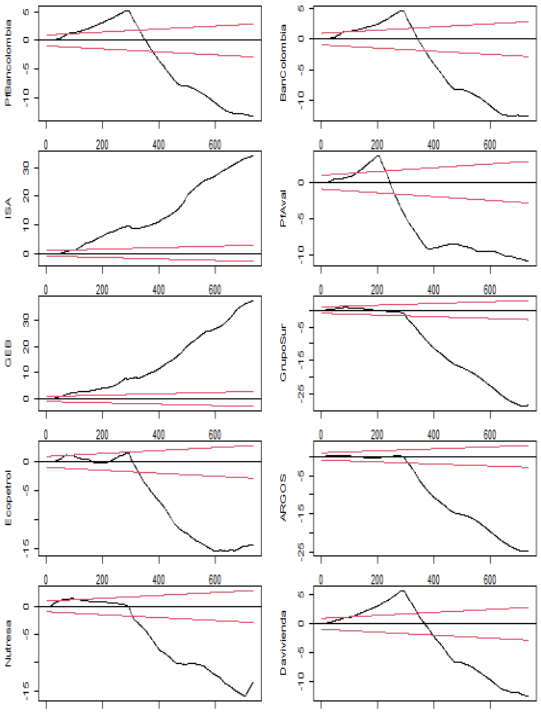


Figura 8

Test de Cusum para las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022



Nota: PfBancolombia, BanColombia, ISA, GEB, PfAval, GrupoSur, Ecopetrol, ARGOS, Nutresa, Davivienda, presentan un p valor para la prueba de *Chow* de 2.2e-16, lo que evidencia la presencia de quiebres estructurales al ser un valor menor al criterio de referencia del 5%, de igual manera, la prueba de Quant-Andrew y Zivot-Andrew, ratifican lo mencionado

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

De acuerdo con el comportamiento de las series diarias de las acciones y la identificación de su estacionariedad (Tabla 7, Tabla 8), se concluye que los precios son un proceso estocástico no estacionario, al presentar raíz unitaria, dado que su *valor p* supera en un 5% al de significancia, en los tres escenarios identificados correspondientes a sin deriva, con deriva y con deriva y tendencia. La condición anterior conllevó a que en las series de retornos se eliminará tanto la tendencia y raíz unitaria, razón por la cual resultó idóneo realizar las aplicaciones sobre la transformación de los valores a nivel, lo que llevó al uso de los rendimientos logarítmicos.

Tabla 7

Prueba de Dickey Fuller para identificación de raíz unitaria en 10 de las acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022

Acciones	Sin deriva					Con deriva					Con deriva y tendencia				
	p valor					p valor					p valor				
	lag					Lag					lag				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
BColombia	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,47	0,41	0,40	0,41	0,39	0,63	0,55	0,55	0,56	0,55
Ecopetrol	0,54	0,53	0,51	0,50	0,50	0,32	0,29	0,23	0,20	0,17	0,52	0,48	0,43	0,40	0,37
ISA	0,73	0,73	0,73	0,72	0,72	0,18	0,19	0,21	0,13	0,13	0,08	0,05	0,05	0,06	0,02
GEB	0,79	0,79	0,78	0,77	0,79	0,09	0,10	0,08	0,09	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
ARGOS	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,34	0,33	0,33	0,42	0,46	0,39	0,38	0,35	0,52	0,61
PfAval	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,66	0,61	0,46	0,50	0,49	0,66	0,61	0,46	0,50	0,49
Davivienda	0,56	0,56	0,54	0,54	0,54	0,49	0,46	0,44	0,45	0,48	0,46	0,43	0,43	0,45	0,49
GrupoSur	0,51	0,51	0,50	0,51	0,51	0,56	0,51	0,48	0,55	0,54	0,94	0,84	0,78	0,93	0,92
Nutresa	0,74	0,71	0,70	0,71	0,71	0,37	0,23	0,15	0,16	0,20	0,68	0,50	0,40	0,41	0,47
PFBColombia	0,57	0,54	0,55	0,52	0,51	0,56	0,49	0,51	0,44	0,46	0,62	0,55	0,57	0,51	0,54
Raíz Unitaria	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Tabla 8

Prueba de Phillips-Perron para identificación de raíz unitaria en 10 de las acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022

Acciones	Sin deriva	Con deriva	Con deriva y tendencia
	p value	p value	p value
	lag	lag	lag
	6	6	6
BColombia	0,66	0,39	0,54
Ecopetrol	0,64	0,23	0,41
ISA	0,73	0,18	0,08
GEB	0,74	0,10	0,10
ARGOS	0,57	0,40	0,40
PfAval	0,63	0,34	0,58
Davivienda	0,66	0,44	0,49
GrupoSur	0,63	0,55	0,82
Nutresa	0,72	0,08	0,30
PFBColombia	0,65	0,48	0,60
Raiz Unitaria	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Evolución de los retornos simples de las acciones del MSCI COLAP. En el estudio del comportamiento de la varianza de los activos, uno de los principales factores a considerar es el análisis de retornos, no obstante, tal como lo refiere Riascos, (2014) las predicciones de estos suelen ocasionar dificultades al presentar en sus distribuciones colas abultadas y más apuntaladas respecto a una normal (leptocúrticas), además de la acumulación en la volatilidad.

Bajo ese contexto y tal como se presenta en la Tabla 9 de estadísticas básicas para los rendimientos, las 10 acciones indican valores extremos al exhibir en el coeficiente de curtosis

cifras superiores a seis, es decir, la presencia de una distribución estadística de colas gordas, lo cual se revalida con los gráficos de cuantiles, quienes no exhiben un comportamiento lineal, por lo contrario, se hace evidente la no normalidad por la presencia de datos extremos, que ocasionan que se presente una forma de S (Riascos, 2014). En relación con la aproximación a la variabilidad, el coeficiente de variación indica una muestra homogénea, al establecer valores por debajo de uno.

Respecto a su asimetría, las acciones de Bancolombia, Ecopetrol, ISA, GEB, Davivienda y preferencial Bancolombia, al presentar coeficientes con valores negativos, implican que sus distribuciones se alarguen hacia datos inferiores a la media, caso contrario se da con ARGOS, Preferencial AVAL, Grupo Sur y Nutresa. Para la dispersión respecto a su promedio, presenta cifras pequeñas, vale aclarar que este tipo de estimaciones son en finanzas referenciadas como medidas de riesgo.

De otra parte, el estadístico Jarque-Bera, que es empleado para identificar la presencia de normalidad en los datos, es superior al valor máximo de seis, lo que permite rechazar la hipótesis nula de normalidad, situación que es ratificada a partir del *p valor*, los cuales son inferiores al criterio del 5% de referencia.

A partir de este análisis y en la verificación de la presencia de raíz unitaria, se hace evidente que los retornos de las acciones presentan estacionariedad (Tabla 10, Tabla 11). En ese sentido, se trabajará sin primeras diferencias (Figura 9). Dichos esquemas permiten evidenciar agrupamientos de volatilidad, donde los precios de las acciones indicaron mayores variaciones; estas identificadas en el primer trimestre de 2020. Este compartimiento es similar a lo presentado en el estudio de Galarza & Fajardo (2021), en el que recalcan que el COVID-19 ocasionó un fuerte choque en la economía colombiana, con afectaciones en varios

sectores, donde el mes de marzo fue el periodo más significativo, cuando el índice MSCI COLCAP cerró por debajo de los mil puntos, algo sin precedente desde la crisis financiera de 2008.

Tabla 9

Estadísticos descriptivos de los rendimientos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022

Estadísticos	**BColombia**	**Ecopetrol**	**ISA**	**GEB**	**ARGOS**	**PfAval**	**Davivienda**	**GrupoSur**	**Nutresa**	**PFBColombia**
Media	0,00012	0,00004	0,00065	0,00048	-0,00030	-0,00016	-0,00001	-0,00010	0,00030	0,00001
Desviación estándar	0,02566	0,02488	0,02296	0,01758	0,03134	0,01955	0,02022	0,02426	0,01689	0,02178
Mediana	0,00035	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00042
Mínimo	-0,19641	-0,22399	-0,27563	-0,14272	-0,22449	-0,13708	-0,15686	-0,17662	-0,10536	-0,19656
Varianza	0,00066	0,00062	0,00053	0,00031	0,00098	0,00038	0,00041	0,00059	0,00029	0,00047
Máximo	0,21748	0,12260	0,13868	0,14026	0,28720	0,20585	0,12452	0,22314	0,20850	0,13997
Asimetría	-0,02768	-1,31038	-1,87999	-0,37389	0,80440	0,82548	-0,33925	0,34693	2,33040	-1,45082
Curtosis	16,0525	13,9113	31,0091	14,6355	26,5404	29,6615	10,6630	19,9493	35,1517	16,2753
Jarque-Bera	6886,078	5928,605	25744,85	6954,289	24428,72	34000,41	3659,371	25066,17	50146,55	8207,220
Valor P	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Dickey-Fuller estándar	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Dickey-Fuller con quiebre estructural	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Phillips-Perron	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Tabla 10

Prueba de Dickey Fuller para identificación de raíz unitaria en los rendimientos de las 10 de las acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022

Acciones	Sin deriva					Con deriva					Con deriva y tendencia				
	p value					p value					p value				
	lag					lag					lag				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
BColombia	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ecopetrol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ISA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
GEB	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ARGOS	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PfAval	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Davivienda	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
GrupoSur	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nutresa	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PFBColombia	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Raíz Unitaria	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Tabla 11

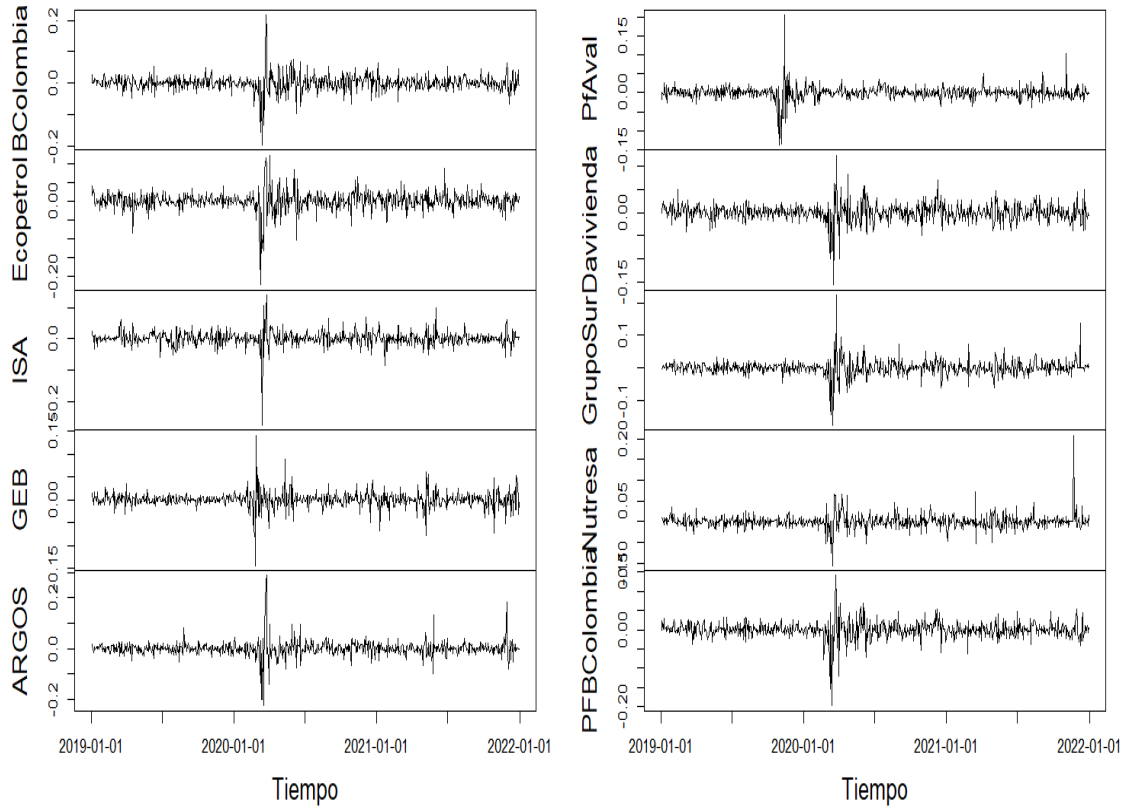
Prueba de Phillips-Perron para identificación de raíz unitaria en los rendimientos de las 10 de las acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022

Acciones	Sin deriva	Con deriva	Con deriva y tendencia
	p value	p value	p value
	lag	lag	lag
	6	6	6
BColombia	0,01	0,01	0,01
Ecopetrol	0,01	0,01	0,01
ISA	0,01	0,01	0,01
GEB	0,01	0,01	0,01
ARGOS	0,01	0,01	0,01
PfAval	0,01	0,01	0,01
Davivienda	0,01	0,01	0,01
GrupoSur	0,01	0,01	0,01
Nutresa	0,01	0,01	0,01
PFBColombia	0,01	0,01	0,01
Raíz Unitaria	No	No	No

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Figura 9

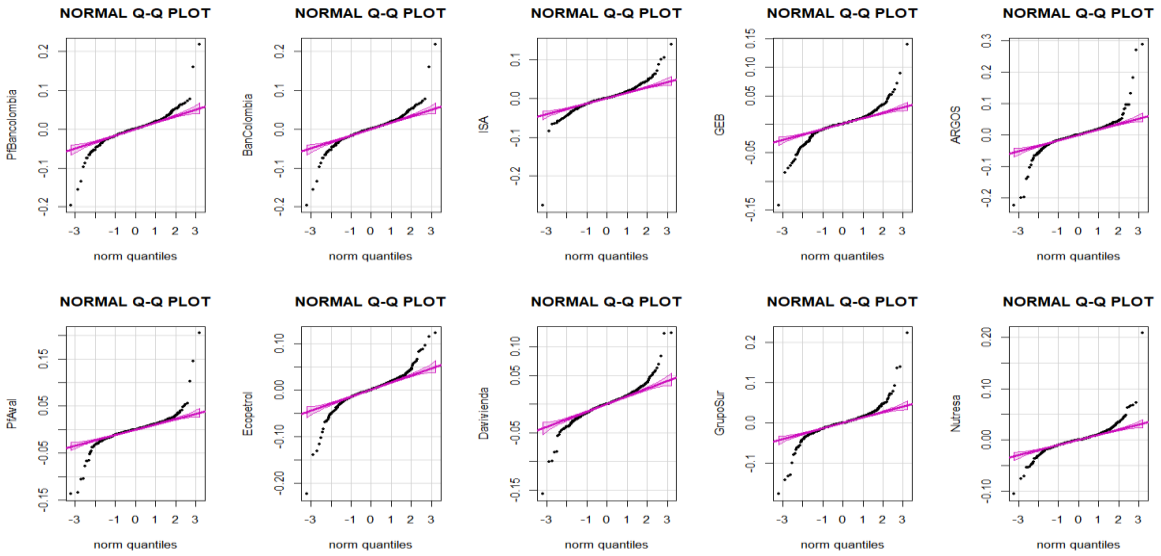
Evolución de los rendimientos diarios de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022.



Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Figura 9.1

Cuantiles de los rendimientos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022.



Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Evolución de precios y rendimientos históricos diarios de los Índices bursátiles: MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC, IPSA. Es evidente inducir, a partir de los resultados del comportamiento diario de las acciones de MSCI COLCAP descritos antes, que el índice en mención también cumpliría el concepto de estacionariedad al verse integrado por ellas. Situación que es compartida para los índices de Brasil (Bovespa), Chile (IPSA), Perú (IGBVL) y México (IPC). Descripción que se ratifica con la prueba de Dickey Fuller y Phillips-Perron al demostrar no presencia de raíz unitaria (Tabla 12, Tabla 13), en ese sentido, en miras de continuar en el desarrollo de la investigación, se trabajará con sus retornos sin primeras diferencias. Dichas afirmaciones del no uso de transformaciones se ratifican, con la

prueba de raíz unitaria de Zivot-Andrew, que demostró con sus p valores inferiores al criterio del 5% que existe estacionariedad al contemplar los cambios estructurales (Ver Anexo 2).

Tabla 12.

Prueba de Dickey Fuller para identificación de raíz unitaria en los rendimientos de los índices bursátiles de países como Colombia (MSCI COLCAP), Brasil (BOVESPA), Chile (IPSA), Perú (IGBVL) y México (IPC), durante los años 2018-2022

Índices	Sin deriva	Con deriva	Con deriva y tendencia
	p valor*	p valor*	p valor*
MSCI COLCAP	0,01	0,01	0,01
BOVESPA	0,01	0,01	0,01
IGBVL	0,01	0,01	0,01
IPC	0,01	0,01	0,01
IPSA	0,01	0,01	0,01
Raíz Unitaria	No	No	No

*Estimaciones para un rezago

Nota: La evaluación de raíz unitaria se realizó hasta siete rezagos, con evidencia de la presencia de estacionariedad (valores inferiores al 5%).

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices reportados en Bloomberg

Tabla 13.

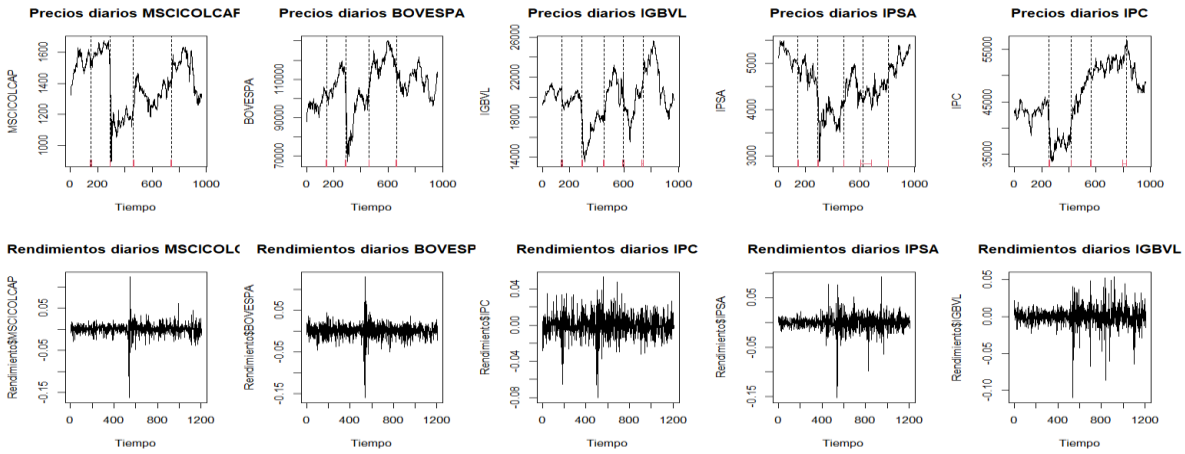
Prueba de Phillips-Perron para identificación de raíz unitaria en los rendimientos de los índices bursátiles de países como Colombia (MSCI COLCAP), Brasil (BOVESPA), Chile (IPSA), Perú (IGBVL) y México (IPC), durante los años 2018-2022

Índices	Sin deriva	Con deriva	Con deriva y tendencia
	p valor*	p valor*	p valor*
MSCI COLCAP	0,000	0,000	0,000
BOVESPA	0,000	0,000	0,000
IGBVL	0,000	0,000	0,000
IPC	0,000	0,000	0,000
IPSA	0,000	0,000	0,000
Raíz Unitaria	No	No	No

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices reportados en Bloomberg

Figura 10

Evolución de los precios diarios y rendimientos de los índices: MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC, IPSA, 2018-2022.



Nota: Los p valor de la prueba de *Ljung-Box* que fueron estimados para cada uno de los retornos estuvieron por debajo del estadístico de referencia del 5%, así mismo, los índices presentan un p valor para la prueba de *Chow* de 2.2e-16, lo que evidencia la presencia de quiebres estructurales, de igual manera, la prueba de Quant-Andrew y Zivot-Andrew, ratifican lo mencionado.

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices reportados en Bloomberg

Los retornos de los índices bursátiles presentan volatilidad irregular identificada a través la presencia de clústeres, donde el mayor estallido son los asociados al COVID-19. Este virus biológico ocasionó en el mundo un estancamiento en las dinámicas de las bolsas financieras, con pérdidas significativas en el primer trimestre del año 2020. Tal como lo refiere Doria & Niebles (2020), a partir de los reportes de contagio, en el caso de México desde el 28 de febrero, Chile el 03 de marzo, Colombia 06 y Perú el 07 del mismo mes.

Para la Bolsa IPSA (Chile) se llegó a reportar una pérdida del 24,08%; en relación con el índice MSCI COLCAP (Colombia) su efecto correspondió a un 42,2%; por su parte, la bolsa de México (IPC) tuvo un retroceso del -0,74% desde inicios de enero, con una caída máxima del 25,82%; en el caso del IGBVL (Perú) su desplome fue del 24,48% y para el BOVESPA (Brasil) una reducción del 43%. Estas pérdidas fueron atribuidas al cese de actividades de varios sectores de las economías, con la mayor volatilidad de los mercados bursátiles los días cercanos a la declaratoria de la pandemia y las calamidades públicas reportadas en cada uno de los países. Estos tipos de sucesos permiten inducir que las distribuciones se caracterizaran por presentar colas pesadas.

Entre algunos acontecimientos positivos y negativos adicionales a los asociados al COVID-19 (presencia de nuevas variedades, confinamiento, reactivación económica) que incentivaron los cambios estructurales corresponden a:

Brasil (BOVESPA): revalorización de los precios de las materias primas (cobre, soya o carne) que ha incentivado las exportaciones, mayor inversión extranjera, crecimiento de la economía, depreciación y apreciación de la moneda local frente al dólar estadounidense y euro respectivamente y especulación por elecciones presidenciales que llevaría al incremento del déficit fiscal.

Perú (IGBVL): Salida de capitales extranjeros ante decrecimiento de la economía, baja de los precios de los metales de Zinc y Cobre, conflictos sociales, incertidumbre por procesos electorales, especulaciones favorables por la creación de un holding regional entre Colombia, Chile y Perú, que implicará integrar en un inicio, los sistemas operativos y sistemas de compensación y de depósito, incremento en la balanza comercial, debido a mayores exportaciones de cobre y agro alimentos, lo que llevo a recuperación de la inversión

extranjera directa estimulada por la aceleración del precio de las materias primas, crecimiento de la economía

México (IPC): revalorización de los precios de las materias primas, gran cobertura en los esquemas de vacunación, incremento en la inflación, crecimiento de la economía.

Chile (IPSA): especulaciones favorables ante la creación de un holding regional entre Colombia, Chile y Perú, revalorización de los precios de las materias primas, gran cobertura en los esquemas de vacunación, crecimiento de la economía, incremento de la inflación, depreciación del peso chileno, mayor déficit fiscal atributo al elevado gasto público.

Sumado a lo anterior, los conflictos geopolíticos entre Ucrania y Rusia, motivo a que proveedores de índices como MSCI excluyera de referente de los mercados emergentes a este último, viéndose varios países favorecidos por esta decisión.

En cuanto los mercados bursátiles, la pandemia por COVID-19 ocasionó pérdidas sustanciales en la primera mitad del 2020, del mes de marzo, es así que los mercados de valores mundiales disminuyeron su valor alrededor del 25% (Rehman et al., 2022), incluso en países como la India y los Estados Unidos, el COVID-19 causó un colapso entre el 30 y 32% (Rout et al., 2022), así mismo, la evidencia de la literatura muestra que los efectos fueron devastadores en comparación con otras crisis que se extendieron en el pasado (Zhang, Wang, Haq, et al., 2021) pues el estallido de esta pandemia ha resultado en una alta volatilidad, lo que ha afectado a los mercados de valores con más fuerza que otro brote de enfermedad infecciosa (Al-Maadid et al., 2022).

9.2. Modelamiento econométrico para la identificación de la incidencia del COVID-19 en el índice bursátil MSCI COLCAP

En el capítulo anterior se hizo evidente en las series de retornos de los índices el cumplimiento del principio de estacionariedad, afirmación que es respaldada por las estimaciones de raíz unitaria. En ese sentido, el desarrollo de los modelos econométricos partirá de ellos, no obstante, la cantidad de observaciones fue ampliada a un total de 1.207 datos, desde el 01 de enero de 2018 al 19 de agosto de 2022, con el fin de establecer un análisis preliminar de dos escenarios, uno antes del COVID-19 y el otros en etapa de la pandemia. Adicionalmente, vale aclarar que el p valor de la prueba *Ljung-Box*, fueron inferiores al criterio estadístico del 5%, lo que permite rechazar la hipótesis nula de no autocorrelación, lo que indica evidencia de estructura de dependencia temporal en media (información de estadística descriptiva adicional para los periodos PRE-COVID (2018-2019) y durante el COVID (2020-2022) se detallan en el Anexo 3).

Antes de iniciar con la modelación econométrica, la revisión preliminar de los momentos estadísticos evidencia cambios significativos entre los índices bursátiles en estudio. Es así, que en el periodo PRE-COVID (2018-2019), BOVESPA (Brasil) presentó las mejores condiciones para inversión con base en el índice de Sharpe y riesgo marginal, a pesar de los escándalos y corrupción política que se aproximaba por las elecciones presidenciales. Una de las principales razones que generó confianza en los inversionistas y que llevó a registros históricos fue por la apreciación del real brasileño alrededor del 3% frente al euro, adicionalmente, los reportes de inflación indicaban tendencias a la baja, lo que incentivaba mejoras en la economía local.

Los otros índices que presentaron escenarios favorables en su orden fueron MSCI COLCAP (Colombia) e IGBVL (Perú). Debe señalarse, que el riesgo presente en el índice de Brasil era el más alto, en comparación a los otros; de ahí el cumplimiento de la relación riesgo y rentabilidad. En su contraparte, el IPSA (Chile) e IPC (México), exhibía condiciones desfavorables en los mercados financieros, con alto peligro y bajo niveles de rendimiento promedio anual. Respecto a México, se vio afectada ante las políticas estadounidenses de la guerra comercial, en la que se imponía grandes aranceles, en especial al acero (25%) y aluminio (10%), la cual se extendió a la Unión Europea, China y Canadá. Por su parte, Chile también estuvo comprometida por los estallidos sociales.

A manera general, la baja dinámica y contagio en los mercados mundiales se atribuyó a circunstancia como el congelamiento de préstamos por los principales bancos centrales, caída del precio del petróleo, incremento de las tasas de interés de Estados Unidos (EE. UU.), depreciaciones de las monedas y valor de las acciones de mercados emergentes y pérdida del 8% en el índice de bonos en moneda local de EE. UU. Los cuales fueron algunas de las condiciones que agudizaron el periodo PRE-COVID (OCDE, 2018, 2019).

En relación con la problemática durante el COVID-19 (2020-2022), la situación fue algo particular, al establecer a IPSA e IPC como los índices más seguros; caso contrario a BOVESPA, que paso a convertirse en el de mayor peligro, según el riesgo diario. Este último afectado por la depreciación del real brasileño frente al dólar estadounidense. No obstante, si se considera la rentabilidad neta (diferencia Sherby-Shev) el MSCI COLCAP, es la peor alternativa, condición atribuida a factores económicos como aumentos en inflación (5,62%) que han superado los registros de los últimos cinco años y rebrotes de la pandemia con la aparición de nuevas mutaciones (variante Delta y Mu).

El comportamiento favorable de los índices de México y Chile se atribuye al rebote de las economías, que dio a paso a que en Latinoamérica presentarán PIB significativos, donde los sectores de minería, industria manufacturera, construcción y servicios fueron los de mayor dinámica. La presencia del comercio electrónico, de igual manera, contribuyó a la mejora de las condiciones, con un incremento en estos países de cuatro veces más a lo que se realizó antes de la pandemia; la confianza que se generó en los inversionistas ante los grandes avances en los esquemas de vacunación fue crucial en la reactivación económica (Comisión Económica para América Latina y el Caribe & [CEPAL], 2021).

Se ha reportado que la pandemia de COVID-19 ha impactado a los mercados bursátiles a través de dos canales. El primero de ellos, atribuido al alto nivel de incertidumbre de política económica derivado de los patrones de propagación y la situación futura desconocida con respecto a esta, lo que ha conducido a bajas expectativas de flujo de efectivo, con depreciación de los mercados de valores. En segunda instancia, la disminución en la dinámica de los sectores como la industria, el turismo, la aviación, entre otros, afectaron a los índices bursátiles al depreciar las acciones relacionadas. Este escenario impactó negativamente en las macroeconomías, ante los patrones de inversión y consumo (Youssef et al., 2021), pues frente a estas situaciones los sentimientos de los inversores cambiaron con tendencia al pesimismo, lo que implicó alzas en las volatilidades de los precios y menores rendimientos económicos futuros (Chatjuthamard et al., 2021; Jabeen et al., 2022; Shafiullah et al., 2022).

Tabla 14

Momentos estadísticos índices bursátiles pre y durante COVID-19.

DURANTE COVID (2020-2022)*					
INDICADORES	**MSCI COLCAP**	**BOVESPA**	**IGBVL**	**IPC**	**IPSA**
RENTAB. PROMEDIO DIARIA E(Ri)	-0,0336%	-0,0054%	-0,0063%	0,0109%	0,0179%
RENTAB. PROMEDIO ANUAL E(Rp)	-8,114%	-1,358%	-1,587%	2,776%	4,606%
RIESGO DIARIO-VOL(Ri)	1,64%	1,89%	1,49%	1,17%	1,72%
RIESGO ANULA-VOL (Rp)	26,08%	30,01%	23,72%	18,51%	27,35%
VARIANZA (Ri)	0,027%	0,036%	0,022%	0,014%	0,030%
RIESGO MARGINAL	48,92	348,47	235,43	107,32	96,42
INDICE SHARPE	0,020	0,003	0,004	0,009	0,010
DIF. SHERBY-SHEV	-0,07%	-0,01%	-0,01%	0,02%	0,04%
PRE-COVID (2018-2019)					
INDICADORES	**MSCI COLCAP**	**BOVESPA**	**IGBVL**	**IPC**	**IPSA**
RENTAB. PROMEDIO DIARIA E(Ri)	0,0192%	0,0849%	0,0076%	-0,0246%	-0,0354%
RENTAB. PROMEDIO ANUAL E(Rp)	4,960%	23,858%	1,929%	-6,019%	-8,540%
RIESGO DIARIO-VOL(Ri)	0,80%	1,27%	0,66%	1,05%	0,89%
RIESGO ANULA-VOL (Rp)	12,62%	20,09%	10,43%	16,65%	14,14%
VARIANZA (Ri)	0,006%	0,016%	0,004%	0,011%	0,008%
RIESGO MARGINAL	41,40	14,90	86,70	42,59	25,16
INDICE SHARPE	0,02	0,07	0,01	0,02	0,04
DIF. SHERBY-SHEV	0,04%	0,17%	0,02%	-0,05%	-0,07%

*El periodo 2022, cuenta con cifras hasta el mes de agosto

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Ahora bien, para la estimación de la incidencia del COVID-19 en los índices bursátiles a partir de los modelos econométricos de la familia GARCH, se determinó en primera instancia el orden de las series temporales, para ello, se generó el correlograma de los retornos de MSCI COLCAP, BOVESPA, IPC, IPSA e IGBVL, con el fin de observar los gráficos de ACF (autocorrelación) y PACF (autocorrelación parcial) para identificar la presencia de los componentes MA y/o AR respectivamente (Anexo 4).

Por otro lado, se contempló la inclusión de una variable *Dummy* con el objetivo de vincular información de choques exógenos de gran impacto que no son recurrentes, como el ingreso del COVID-19 con sus variantes a los países de estudio, entre el periodo del 28 de febrero al 30 de diciembre de 2020, dado que, en este tiempo, su incidencia fue más significativa, a razón de que en el 2021 la incertidumbre ante la pandemia fue reduciéndose por la aparición de las vacunas.

Debe señalarse como lo refieren Sierra & Rodríguez (2019) que los modelos GARCH son un insumo valioso al momento de contemplar los clústeres y trabajar con series que cuenta con distribuciones de colas pesas, a diferencia de otros que no consideran los cambios de la volatilidad. En ese orden de ideas, se estimó ocho modelos, para identificar la incidencia del COVID-19 en el índice bursátil de Colombia -MSCI COLCAP-, entre ellos GARCH, EGARCH, TGARCH, APARCH, IGARCH, GARCH-M, CGARCH y ACGARCH, a los cuales se les aplicó una distribución de *t student* (Altun et al., 2018), que se seleccionó de la revisión de los criterios de razón de verosimilitud (LL) (maximización de valores), AIC, BID y Hannan-Quinn (minimización de valores), al comparar entre una densidad normal (Gaussiana) y errores generalizados (GED) (Tabla 15).

Esta decisión es orientada por la característica que poseen las series financieras de exceso de curtosis por su alta reversión a la media, lo que implica que su distribución sea leptocúrtica. De ahí que el cumplimiento del supuesto de normalidad no se pueda aplicar. Esta afirmación fue respaldada por los estudios de Lorenzo & Ruiz, (2014); Muñoz & Gálvez, (2021); Ngurah, (2009, 2019), quienes concuerdan con lo descrito y proponen el uso de estimaciones robustas a partir del uso de *t student* y GED.

La valoración identificada en Tabla 15 exhibe que los modelos por distribución GED pueden presentar mejor comportamiento, no obstante, la significancia de los parámetros, pruebas de heterocedasticidad (ARCH test), autocorrelación (correlograma y Ljung-Box) y normalidad (Jarque-Bera y Shapiro-Will), además de que la restricción de la varianza condicional no sea negativa y que la sumatoria de los parámetros no sea superior a uno, no fueron cumplidas en algunos escenarios (Anexo 5).

Tabla 15

Criterios de información para modelos GARCH, EGARCH, TGARCH, APARCH, IGARCH, GARCH-M, CGARCH y ACGARCH, en relación con COVID-19

Criterios	**Distr. T de Student**							
	GARCH	**EGARCH**	**TGARCH**	**APARCH**	**IGARCH**	**GARCH-M**	**CGARCH**	**ACGARCH**
Log likelihood	3886.228	3.886.646,00	**3889.976**	3.886092	3664.090	3667.216	3887.393	3886.959
AIC	-6.435234	-6.434267	**-6.439794**	-6.433348	-6.069860	-6.073387	-6.433847	-6.431467
BIC	-6.397185	-6.391991	**-6.397518**	-6.391072	-6.040267	-6.039566	-6.387343	-6.380736
H-Q	-6.420904	-6.418345	**-6.423873**	-6.417426	-6.058714	-6.060650	-6.416333	-6.412361
Criterios	**Distr. Normal (Gaussian)**							
	GARCH	**EGARCH**	**TGARCH**	**APARCH**	**IGARCH**	**GARCH-M**	**CGARCH**	**ACGARCH**
Log likelihood	3819.695	3823.376	**3834.387**	3821.160	3182.348	3197.381	3824.682	3827.656
AIC	-6.326465	-6.330915	**-6.349190**	-6.327237	-5.271947	-5.295238	-6.331423	-6.334698
BIC	-6.292645	-6.292867	**-6.311141**	-6.289189	-5.246581	-5.265645	-6.289147	-6.288195
H-Q	-6.313728	-6.316586	**-6.334860**	-6.312907	-5.262394	-5.284093	-6.315501	-6.317184
Criterios	**Distr. GED**							
	GARCH	**EGARCH**	**TGARCH**	**APARCH**	**IGARCH**	**GARCH-M**	**CGARCH**	**ACGARCH**
Log likelihood	3.899.017,00	3.886.646,00	**3.903.274**	3.899.012	3.182.348	3.298.218	3.896.698	3.892.480
AIC	-6.456460	-6.456058	**-6.461.866**	-6.454792	-5.270287	-5.457624	-6.450952	-6.442291
BIC	-6.418412	-6.413782	**-6.419.590**	-6.412517	-5.240694	-5.415348	-6.408676	-6.395788
H-Q	-6.442130	-6.440136	**-6.445.945**	-6.438871	-5.259142	-5.441702	-6.435030	-6.424777

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Así pues, la primera serie de estimaciones identificó que los modelos que podrían evaluar la incidencia del COVID-19 en el índice MSCI COLCAP corresponden a los asimétricos de volatilidad EGARCH y TGARCH, al considerar mejor los efectos de las noticias (malas o buenas). No obstante, este último, tendría los criterios de selección más idóneos. Por tal razón, y en miras de comparar los índices de BOVESPA, IPC, IPSA e IGBVL, se realizarán bajo este.

Así mismo, vale mencionar que al aplicar la prueba de multiplicador de Lagrange ARCH, se permitió evidenciar la reducción del efecto hasta con cinco rezagos, lo que confirmó el planteamiento del modelo al 5%. Por su parte, la prueba de Nyblom-Hansen corroboró con valores superiores al 1, 5 y 10% que existe estabilidad en la estimación de los coeficientes bajo el modelo considerado, tanto individual como en conjunto[1]. Lo anterior, implica que no es necesario incluir un cambio en la especificación (Figura 11).

[1] El comportamiento fue similar para los índices BOVESPA, IGBVL, IPC, IPSA (Ver Anexo 1)

Figura 11

Prueba Nyblom-Hansen para la estimación del modelo TGARCH del MSCI COLCAP.

Nyblom Parameter Stability Test
Null Hypothesis: Parameters are stable

Variable	Statistic	1% Crit.	5% Crit.	10% Crit.
C	0.081333	0.748	0.470	0.353
AR(1)	0.026086	0.748	0.470	0.353
AR(2)	0.028803	0.748	0.470	0.353
MA(1)	0.027937	0.748	0.470	0.353
C	0.051339	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2	0.043467	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2*(RESID(-	0.069042	0.748	0.470	0.353
GARCH(-1)	0.077102	0.748	0.470	0.353
DCOVID	0.033545	0.748	0.470	0.353
DIST-PARAM	0.230172	0.748	0.470	0.353
Joint	2.180959	3.050	2.540	2.290

*Critical values from Hansen 1990

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

En el caso de la especificación de la varianza condicional, la prueba de sesgo y signo (*Sign-Bias Test)* indicó que el modelo fue estimado de manera correcta, al mostrar un valor de criterio *p* superior al 5%.

Figura 12

Prueba Sign-Blas para la estimación del modelo TGARCH del MSCI COLCAP.

Engle-Ng Sign-Bias Test
Null Hypothesis: No leverage effects in standardized residuals

	t-Statistic	Prob.
Sign-Bias	1.032148	0.3022
Negative-Bias	0.044681	0.9644
Positive-Bias	0.077777	0.9380
Joint-Bias	1.485661	0.6857

Test Equation
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 10/14/22 Time: 17:03
Sample (adjusted): 1/05/2018 8/19/2022
Included observations: 1204 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.839894	0.104037	8.073051	0.0000
SMINUS(-1)	0.147154	0.142571	1.032148	0.3022
SMINUS(-1)*RESID(	0.295168	6.606059	0.044681	0.9644
SPLUS(-1)*RESID(-1)	0.661211	8.501404	0.077777	0.9380

R-squared	0.001237	Mean dependent var	0.914905
Adjusted R-squared	-0.001260	S.D. dependent var	1.992597
S.E. of regression	1.993852	Akaike info criterion	4.221331
Sum squared resid	4770.534	Schwarz criterion	4.238252
Log likelihood	-2537.241	Hannan-Quinn criter.	4.227704
F-statistic	0.495220	Durbin-Watson stat	1.989675
Prob(F-statistic)	0.685653		

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

De otra parte, a partir del modelo seleccionado (TGARCH) se pudo exhibir que la suma de los coeficientes es muy cercana a uno, lo que evidenció que el MSCI COLCAP tiende a estabilizarse con lentitud y el impacto de los riesgos del pasado aún persisten en el comportamiento del presente (larga memoria). En ese sentido, en la medida en que la sumatoria de los factores vayan en disminución, el mercado se tomará más seguro. En relación con el coeficiente del efecto de apalancamiento, este fue positivo ($\gamma i>0$) y

significativo, lo que indicó que las malas noticias o perturbaciones negativas ejercen una mayor influencia en la volatilidad del índice colombiano que las buenas noticias.

Ahora bien, ante la incidencia del COVID-19 en la bolsa de valores de Colombia, se puede afirmar que su relación fue directa en los cambios de la volatilidad, es decir, un aumento en una unidad en los reportes de casos muertos ocasionaría que el índice MSCI COLCAP incremente su volatilidad en 0,000018 unidades. El signo positivo y distinto de cero del parámetro de la variable *Dummy* para todos los índices, puede interpretarse como la existencia de efectos asimétricos, donde un mayor reporte de infectados y muertos por el virus, tiende a aumentar la incertidumbre en los mercados financieros en estudio.

Al cotejar la información con las estimaciones realizadas para los demás índices, se establece que el comportamiento del efecto de apalancamiento fue similar al de Colombia, a excepción del IPC en donde las malas noticias no fueron significativas. En el caso de la incidencia del COVID-19 en la volatilidad, el MSCI COLCAP fue el más afectado, en concordancia con la matriz de momentos estadísticos. El orden a partir del modelo econométrico es: IPSA, BOVESPA, IPC e IGBVL (Tabla 17).

Durante el período de COVID-19, los mercados de valores de Colombia, Perú y Chile revelan los efectos arcos (α1) más altos, lo que indican que los periodos anteriores tienen una propensión a permanecer más tiempo, que los otros. Para el efecto GARCH (β1) que designan las influencias a largo plazo sobre la volatilidad del mercado bursátil fue representativo para Perú, Chile y México. Con respecto a las magnitudes de los coeficientes α_1 y β_1, se ratifica que el grado de influencia de la volatilidad a largo plazo (β_1), es mayor al corto plazo (α_1), superior a un 0,7 para todos los índices; lo que indica un alto grado de persistencia sobre el comportamiento de la volatibilidad estimada en el presente.

Este tipo de comportamiento en los índices estudiados a partir de la incidencia por la pandemia ha sido similar a lo que han sufrido otros mercados bursátiles en el mundo, en que autores como (Bhunia & Ganguly, 2020; ÇELİK, 2021; Duttilo et al., 2020; Jindal & Gupta, 2022; N. Zhang et al., 2021), argumentan que los efectos negativos tiene mayor influencia en la volatilidad de las acciones, así mismo, revelan que modelos como los TGARCH y EGARCH son valiosos para identificar resultados con mayor certeza a la realidad.

Tabla 16

Estimaciones de parámetros modelos de volatilidad familia GARCH para el índice MSCI COLCAP en relación con COVID-19

Parámetros	Distr. T de Student							
	GARCH	**EGARCH**	**TGARCH**	**APARCH**	**IGARCH**	**GARCH-M**	**CGARCH**	**ACGARCH**
								0.000301
C (Φ_0)	0.000314 (0.000248)	0.000203 (0.000249)	0.000194 (0.000255)	0.000317 (0.000248)	-0.000124 (0.000249)	0.001854 (0.003739)	0.000325 (0.000248)	(0.000251)
								0.015905
AR(1) (Φ_1)	-0.766441 (0.166410)***	-0.753392 (0.1282762)***	-0.761285 (0.134894)***	-0.764770 (0.146765)***	0.005000 (1.233141)	0.005000 (1.027393)	-0.760742 (0.166831)***	(0.249836)
								0.023370
AR(2) (Φ_2)	0.074060 (0.029011)**	0.083654 (0.028163)***	0.084928 (0.028827)***	0.074476 (0.029076)**	0.005000 (0.018704)	0.005000 (0.018026)	0.076613 (0.029210)***	(0.017995)
								0.046024
MA(1) (θ_1)	0.825694 (0.165542)***	0.815323 (0.126827)***	0.831620 (0.132795)***	0.824018 (0.144865)***	0.005000 (1.231181)	0.005000 (1.027510)	0.821828 (0.165976)***	(0.249593)
								0.000114
C (α_0)	1.22E-05 (3.68E-06)***	-1.032911 (0.242295)***	1.05E-05 (3.12E-06)***	2.46E-05 (5.11E-05)			0.000151 (7.33E-05)**	(3.47E-05)***
								0.348779
C(6)		0.290549 (0.055804)***		0.190627 (0.047325)***			0.956566 (0.049330)***	(0.825978)
								0.041265
C(7)		-0.084237 (0.032346)***		0.723319 (0.052691)***			0.072663 (0.154735)	(0.057105)
C(8)		0.909798 (0.024268)***		3.03E-05 (5.33E-05)				
								0.083147
C(9)				1.841348 (0.458415)***				(0.049045)*
C(10)								

C(11)								0.082767
RESID(-1)^2 (α_1)	0.189047 (0.047569)***		0.078766 (0.039423)**		0.000186 (4.06E-05)***	0.000185 (4.64E-05)***	0.123256 (0.149607)	(0.106062)**
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) (γ)			0.171524 (0.060948)***					
@SQRT(GARCH)						-0.159426 (0.410377)		
GARCH(-1) (β_1)	0.728533 (0.049276)***		0.745073 (0.045436)***		0.999814 (4.06E-05)***	0.999815 (4.64E-05)***	0.749583 (0.099637)***	0.795464 (0.051536)***
DCOVID (β_2)	1.71E-05 (9.06E-06)*	0.092823 (0.038507)**	1.79E-05 (8.20E-06)**		0.000000 (1.22E-05)	0.000000 (1.22E-05)	7.86E-06 (1.02E-05)	0.000104 (0.000140)
T-DIST. DOF	3.644471***	3.6627839***	3.911899***	3.674602***	20.00000***	20.00000***	3.684190***	3.929119***
Test ARCH LM	0.90	0.44	**0.76**	0.86	0.0000	0.0001	0.691	0.9032
Jarque-Bera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Shapiro-Will	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Correlogram of Standardized Residuals	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
Log likelihood	3886.228	3.886.646,00	**3889.976**	3.886092	3664.090	3667.216	3886.954	3886.959
AIC	-6.435234	-6.434267	**-6.439794**	-6.433348	-6.069860	-6.073387	-6.433119	-6.431467
BIC	-6.397185	-6.391991	**-6.397518**	-6.391072	-6.040267	-6.039566	-6.386616	-6.380736
H-Q	-6.420904	-6.418345	**-6.423873**	-6.417426	-6.058714	-6.060650	-6.415605	-6.412361

Significancia: ***1%; **5%; *10%

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Tabla 17

Estimaciones de los parámetros del modelo TGARCH para el efecto del COVID-19 sobre los índices MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC e IPSA para el periodo del 01 de enero de 2018 a 19 de agosto de 2022

PARÁMETROS	Distr. T de Student				
	MSCICOLCAP TGARCH	**BOVESPA TGARCH**	**IGBVL TGARCH**	**IPC TGARCH**	**IPSA TGARCH**
	0.000194	0.000704	0.000288	-4.66E-05	-6.08E-05
(Φ_0)	(0.000255)	(0.000339)*	(0.000247)	(0.000220)	(0.000223)
	-0.761285	-0.008777			
(Φ_1)	(0.134894)***	(0.007881)			
	0.084928		0.056121		0.698679
(Φ_2)	(0.028827)***		(0.025839)**		(0.259923)***
		-0.938404			
(Φ_{12})		(-0.938404)***			
				0.535274	
(Φ_{15})				(0.076820)***	
	0.831620				
(θ_1)	(0.132795)***				
					-0.727233
(θ_2)					(0.248528)***
			0.062436		
(θ_4)			(0.025805)***		
		0.942098			
(θ_{12})		(0.014284)***			
				-0.514059	
(θ_{15})				(0.079007)***	
	1.05E-05	1.04E-05	3.54E-06	9.55E-05	3.55E-06
(α_0)	(3.12E-06)***	(3.07E-06)***	(1.43E-06)***	(0.000262)	(1.31E-06)***

	0.078766	0.009886	0.055093	-0.347466	0.040984
(α_1)	(0.039423)**	(0.018781)	(0.025274)**	(0.931196)	(0.021932)*
	0.171524	0.124043	0.058030	2.450590	0.091697
(γ_i)	(0.060948)***	(0.033786)***	(0.033217)*	(6.542674)	(0.033453)***
	0.745073	0.860770	0.905061	0.890626	0.894599
(β_1)	(0.045436)***	(0.860770)***	(0.020013)***	(0.025422)***	(0.020522)***
	1.79E-05	1.21E-05	3.62E-06	0.000126	1.30E-05
(β_2)	(8.20E-06)**	(6.93E-06)*	(3.08E-06)	(0.000344)	(6.80E-06)*
T-DIST. DOF	3.911899***	6.174798***	3.075858***	2.031745***	3.645673***
Test ARCH LM	**0.76**	**0.50**	**0.13**	**0.92**	**0.96**
Jarque-Bera	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Shapiro-Will	**<0.05**	**<0.05**	**<0.05**	**<0.05**	**<0.05**
Correlogram of Standardized Residuals	**>0.05**	**>0.05**	**>0.05**	**>0.05**	**>0.05**
Log likelihood	**3889.976**	**3500.784**	**3892.667**	**3904.058**	**3752.985**
AIC	**-6.439794**	**-5.842316**	**-6.445920**	**-6.535332**	**-6.214083**
BIC	**-6.397518**	**-5.799756**	**-6.407872**	**-6.497941**	**-6.176035**
H-Q	**-6.423873**	**-5.826280**	**-6.431590**	**-6.520870**	**-6.199754**
Significancia: ***1%; **5%; *10%					

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

9.2.1. Efecto permanente o transitorio del retorno logarítmico MSCI COLCAP

Con el fin de determinar el efecto permanente o transitorio de la serie MSCICOLCAP, se tomará como referencia el modelo de componentes GARCH (CGARCH), a pesar, de que sus criterios de información no fueron relevantes en comparación al TGARCH. Sin embargo, es importante conocer esta condición. En ese sentido, los coeficientes de persistencia $\alpha+\beta$ ratifican lo descrito de la presencia de un alto grado de permanencia en la volatilidad condicional del índice de Colombia en referencia a la pandemia por COVID-19.

Este hecho se sustenta en el parámetro β_1 (0,96), que confirma que la volatilidad de largo plazo es permanente en el tiempo, si se compara con el de corto ($\alpha+\beta$: 0.87) (Tabla 16). Es decir, las noticias generadas en torno a la pandemia ocasionaron que los precios no solo se vieran afectados en el instante, sino que también hubo un incremento en la incertidumbre ante el poco control por parte de los entes gubernamentales, crecimiento exponencial de muertos, cierres de algunas empresas, desempleo, entre otros factores, que generó continuos ajustes en los precios y afectación en el largo plazo en la volatilidad.

9.2.2. Análisis de sensibilidad

Ahora bien, con el fin de probar el impacto mensual del COVID-19 en el índice financiero colombiano, para el periodo inicial a la crisis (2020), la Tabla 18 indica que el mes de marzo correspondió al de mayor significancia sobre la volatilidad de acuerdo con las influencias de largo plazo ($\beta1$). En todos meses se ratifica el dominio de la volatilidad a largo plazo, indicando la persistencia sobre el comportamiento de los precios estimados en el presente. Así mismo, es claro a partir del efecto apalancamiento ($\gamma i>0$) que las malas noticias ejercieron mayor incidencia en la dinámica del MSCI COLCAP, atribuido a los constantes

reportes de muertos y contagios, además de la incertidumbre mundial ante una vacuna, que permitiera controlar el virus (ÇELİK, 2021; N. Zhang et al., 2021)

Tabla 18

Resultados mensuales del modelo TGARCH durante el periodo del inicio de la crisis en el año 2020

Periodo/parámetros	β1	Sig.	ϒ	Sig.	α	Sig	β2	Sig
ene-20	0,7875	***	0,1724	***	0,0720	***	-0,000004	**
feb-20	0,8003	***	0,1610	***	0,0726	***	0,000008	*
mar-20	0,8217	***	0,0934	***	0,0658	***	0,000379	***
abr-20	0,7856	***	0,1723	***	0,0760	***	0,000009	
may-20	0,7873	***	0,1846	***	0,0623	***	0,000044	
jun-20	0,7768	***	0,2035	***	0,0582	***	0,000050	*
jul-20	0,7904	***	0,1699	***	0,0748	***	0,000002	
ago-20	0,7927	***	0,1752	***	0,0691	***	0,000012	
sep-20	0,7925	***	0,1684	***	0,0746	***	-0,000005	*
oct-20	0,7951	***	0,1610	***	0,0756	***	0,000012	*
nov-20	0,7940	***	0,1829	***	0,0627	***	0,000025	*
dic-20	0,7887	***	0,1969	***	0,0572	***	0,000034	**
Promedio	0,7927		0,1701		0,0684		0,000047	

Significancia: ***1%; **5%; *10%

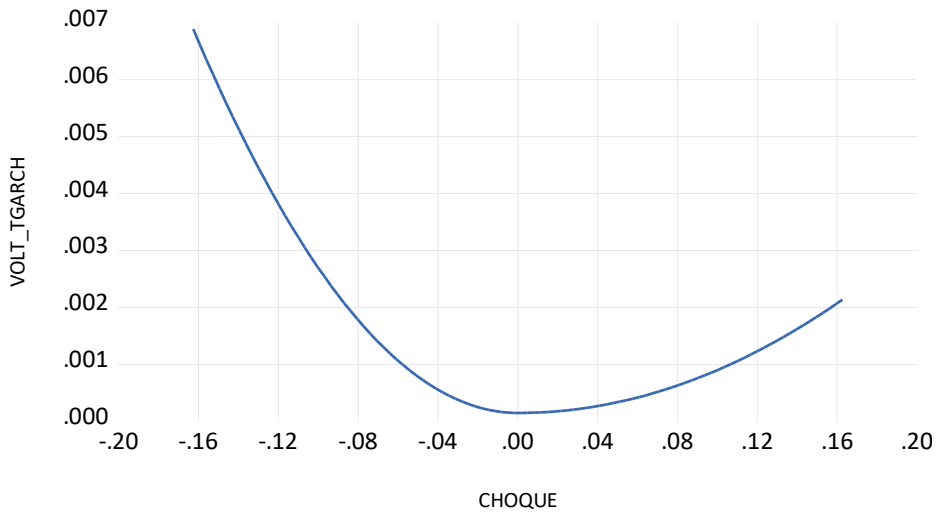
Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

9.2.3. Durabilidad de la innovación

Se observa, en la Figura 12, que el modelo TGARCH, tiene una curva de impacto no simétrica, lo que indicaría el efecto apalancamiento que se ilustró con anterioridad, donde los choques negativos ocasionan una mayor volatilidad que los positivos, ante innovaciones de igual magnitud. Este escenario, es descrito por Fernández, (2010), al referir que el mercado accionario colombiano se caracteriza por ser muy susceptible a la incertidumbre cuando la dinámica del índice MSCI COLCAP cae de manera repentina.

Figura 13.

Curva de impacto de noticias para el modelo TGARCH.



Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

9.2.4. Efectos impulso-respuesta

Una vez establecidos las series de varianza del modelo GARCH (Volatilidad) y residuos (shock de noticias), se procedió a estimar la longitud de retardo óptima, a partir de los criterios de información ya antes mencionados. Es así como el número idóneo, de acuerdo con la Tabla 19, correspondió a ocho. Los resultados del VARX-GARCH indicaron que el COVID-19 influyó a la volatilidad del MSCI COLCAP, al ser el estadístico t superior al valor critico de 1,96 (5% de significancia) (Ver Anexo 6). El residual del modelo verificó no la presencia de correlación serial, al indicar valores p >0,05 (Tabla 20). Por su parte, la

estabilidad fue corroborada con el método polinomial característico de raíz inversa de AR, la cual fue satisfactoria, ya que ninguna de las raíces se encontró fuera del círculo (Figura 14).

Tabla 19

Criterio de selección del orden de retraso del VARX

VAR Lag Order Selection Criteria
Endogenous variables: VOLT_MSCOLC SHOCK
Exogenous variables: C DCOVID
Date: 10/18/22 Time: 16:02
Sample: 1/02/2018 8/19/2022
Included observations: 1197

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	5929.612	NA	1.72e-07	-9.900771	-9.883770	-9.894366
1	6916.115	1966.413	3.33e-08	-11.54238	-11.50838	-11.52957
2	6952.157	71.72379	3.16e-08	-11.59592	-11.54492	-11.57670
3	6965.702	26.90882	3.11e-08	-11.61187	-11.54386	-11.58625
4	6981.958	32.24115	3.04e-08	-11.63234	-11.54734	-11.60032
5	6998.906	33.55633	2.98e-08	-11.65398	-11.55197	-11.61555
6	7021.463	44.58443	2.89e-08	-11.68498	-11.56598	-11.64015
7	7066.765	89.39307	2.69e-08	-11.75399	-11.61798	-11.70275
8	7087.059	39.97871*	2.62e-08*	-11.78122*	-11.62821*	-11.72357*

* indicates lag order selected by the criterion
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
FPE: Final prediction error
AIC: Akaike information criterion
SC: Schwarz information criterion
HQ: Hannan-Quinn information criterion

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Tabla 20

Prueba LM de correlación serial residual del VARX

VAR Residual Serial Correlation LM Tests
Date: 10/18/22 Time: 16:00
Sample: 1/02/2018 8/19/2022
Included observations: 1197

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	2.206298	4	0.6979	0.551599	(4, 2352.0)	0.6979
2	5.191453	4	0.2682	1.298744	(4, 2352.0)	0.2682
3	1.755636	4	0.7806	0.438886	(4, 2352.0)	0.7806
4	3.889715	4	0.4211	0.972819	(4, 2352.0)	0.4211
5	1.538734	4	0.8198	0.384646	(4, 2352.0)	0.8198
6	4.561215	4	0.3354	1.140925	(4, 2352.0)	0.3354

Null hypothesis: No serial correlation at lags 1 to h

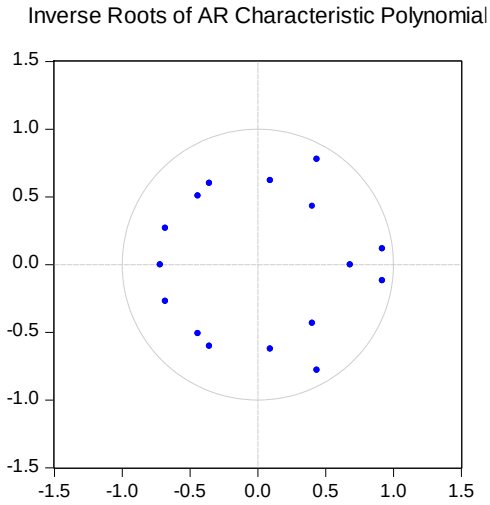
Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	2.206298	4	0.6979	0.551599	(4, 2352.0)	0.6979
2	6.468148	8	0.5949	0.808599	(8, 2348.0)	0.5949
3	13.62694	12	0.3252	1.136454	(12, 2344.0)	0.3252
4	16.18223	16	0.4403	1.011857	(16, 2340.0)	0.4403
5	25.97099	20	0.1668	1.300756	(20, 2336.0)	0.1668
6	36.37735	24	0.0504	1.520379	(24, 2332.0)	0.0504

*Edgeworth expansion corrected likelihood ratio statistic.

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Figura 14

Raíces inversas del polinomio de características AR.



Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

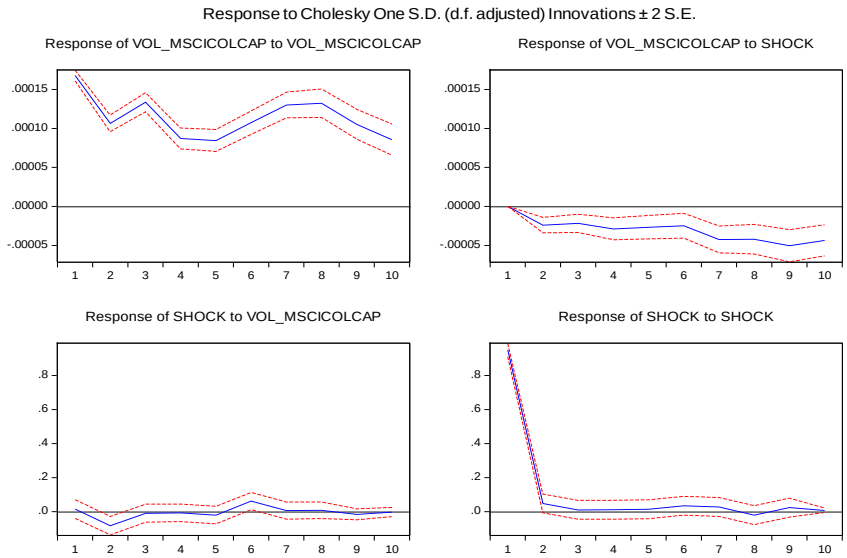
En la Figura 15 se muestra la respuesta de la volatilidad del MSCI COLCAP a los cambios por COVID-19, debido a la incertidumbre en los agentes económicos. Los gráficos exhiben al inicio una fuerte disminución, pero a partir del segundo periodo aumentaron, con una respuesta fluctuante a lo largo del tiempo, con tendencia decreciente. Dichos cambios pueden ser atribuidos a las políticas implementadas por el gobierno nacional, como la suspensión de actividades comerciales de manera presencial, cierres de establecimientos, confinamientos obligatorios, que llevaron al país a un estado de emergencia económica y sanitaria, no obstante, dichas decisiones fueron de manera paulatina, cediendo debido a los planes de acciones que se construyeron con antelación a la llegada del virus y a la experiencia que había vivido otros países desarrollados y emergentes.

El análisis empírico mediante, la causalidad de Granger con ocho rezagos, identificados con antelación en la selección de criterio de orden óptimo, evidencia que el shock del Covid-19 tuvo su impacto en el mercado financiero colombiano, aunque en un solo sentido (unidireccional).

En este comportamiento, vuelve a ratificar lo descrito en el estudio, además de contrastar que lo vivido en Colombia, ha sido similar a lo que han sufrido otros países a nivel mundial y lo cual es coherente a estudios que han intentado identificar este comportamiento, entre algunos de ellos lo de: Keliuotyte & Kviklis, (2022); (Jones, 2022); (Baig et al., 2022); Bhuvaneshwari, (2021).

Figura 15

Función de impulso-respuesta para la volatilidad del MSCI COLCAP.



Nota: El intervalo de confianza del 95% está representado por las líneas discontinuas.

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Figura 16

Test de Causilidad de Granger.

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 10/18/22 Time: 18:36
Sample: 1/02/2018 8/19/2022
Lags: 8

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DCOVID does not Granger Cause VOLT_MSCOLC	1197	12.8464	8.E-18
VOLT_MSCOLC does not Granger Cause DCOVID		0.18844	0.9925

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

9.2.5. Desbordamiento de la volatilidad entre los índices de los mercados financieros MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC e IPSA

Finalmente, en miras de identificar la trasmisión de efectos indirectos en la volatilidad de los mercados financieros en estudio y conocer cual índice fue el principal transmisor, realizó un modelo GARCH-BEKK (1,1) cuyos resultados se presentan en la Tabla 21.

Es importante mencionar que el análisis de este modelo requiere distinguir todos los elementos de la matriz (diagonales y no diagonales), en ese sentido, los parámetros A11, A22 y B11 y B22 representarán las influencias de los choques de volatilidad propios y de las volatilidades pasadas al cuadrado; por su parte, los componentes A12, A21 y B12, B21, que se hallan fueran de la diagonal constituirán los impactos cruzados de mercado de los shocks y el desborde de volatilidad entre los mercados.

Bajo este contexto, se ha evidente en la mayoría de los modelos (2, 3, y 4) la no existencia de volatilidad propia y efectos indirectos entre el MSCI COLCAP y los índices IPC, IPSA e IGBVL respectivamente, dado que no todos los coeficientes β son explicativos, no obstante, se exhibe efectos entre los índices BOVESPA y MSCI COLCAP.

En el caso de los parámetros A, estos son significativos, para los modelos 1, 2 y 3, lo que revela un impacto de choques de mercados. Los elementos β fuera de la diagonal, indican una relación inversa, por ejemplo, si se tiene en cuenta los parámetros en mención del modelo 1, indicaría lo siguiente, un aumento del 1% en el índice MSCI COLCAP transmite un efecto negativo en la volatilidad del 0,64% al índice BOVESPA, y un incremento del 1% en este último índice, trasfiere una incidencia negativa en la volatilidad del 2,23% del MSCI COLCAP. Sin embargo, β12 tiene un valor p más significativo que B21, lo que demuestra que la transmisión de BOVESPA al MSCI COLCAP es más fuerte. Este tipo de análisis descriptivo se puede emplear de igual manera para los demás modelos.

Tabla 21

Estimación de coeficientes del modelo GARCH-BEKK (1,1) para los índices bursátiles MSCI COLCAP, BOVESPA, IGBVL, IPC e IPSA

Modelo 1		**Modelo 2**		**Modelo 3**		**Modelo 4**	
Parámetros	**Estimate**	**Parámetros**	**Estimate**	**Parámetros**	**Estimate**	**Parámetros**	**Estimate**
μ_1. MSCI COLCAP	0.0002 (0.00017)	**μ_1. MSCI COLCAP**	0.0002 (0.00017)***	**μ_1. MSCI COLCAP**	1.0002 (0.00015)***	**μ_1. MSCI COLCAP**	0.00021 (0.00018)
μ_2. BOVESPA	0.0006 (0.00028)*	**μ_2. IPC**	0.00017 (0.00019)***	**μ_2. IPSA**	0.0003 (0.00018)*	**μ_2. IGBVL**	0.000225 (0.0002)
A011	0.0023 (0.00026)***	**A011**	0.00234 (0.00029)***	**A011**	0.0023 (0.00027)***	**A011**	0.0023 (0.00021)***

A021	0.0018 (0.0005)***	**A021**	0.0004 (0.00065)	**A021**	0.0011 (0.00025)***	**A021**	0.0009 (0.00034)*
A022	0.0028 (0.00032)***	**A022**	0.00201 (0.00036)***	**A022**	0.0021 (0.0009)*	**A022**	0.00206 (NaN)
A11	0.3616 (0.0280)***	**A11**	0.35245 (0.0265)***	**A11**	0.3684 (0.0305)***	**A11**	0.3871 (0.0246)***
A21	0.0157 (0.0318)	**A21**	0.0355 (0.0199)	**A21**	0.0622 (0.0322)*	**A21**	0.0611 (0.02193)**
A12	0.0668 (0.0183)***	**A12**	-0.0047 (0.0334)	**A12**	0.0241 (0.0253)	**A12**	0.00705 (0.02485)
A22	0.2727 (0.0189)***	**A22**	0.2438 (0.0198)***	**A22**	0.37197 (0.07472)***	**A22**	0.28396 (NaN)
β11	0.8979 (0.01593)***	**β11**	0.9044 (0.0165)***	**β11**	0.9067 (0.0168)***	**β11**	0.8949 (0.012072538)***
β21	-0.0064 (0.014)*	**β21**	-0.01002 (0.0099)	**β21**	-0.0218 (0.02098)	**β21**	-0.0341 (0.0108)**
β12	-0.0227 (0.0087)**	**β12**	-0.0106 (0.0236)	**β12**	-0.0169 (0.01199)	**β12**	0.00524 (0.01212)
β22	0.9367 (0.0088)***	**β22**	0.9467 (0.01045)***	**β22**	0.9052 (0.0458)***	**β22**	0.9411 (NaN)

Significancia: ***1%; **5%; *10%

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Hay que sé notar que las estimaciones hasta aquí empleadas han permitido dar respuesta, a tres de los primeros cuatro interrogantes planteados al inicio del documento, que han sido descritos en el numeral 3.3. y 3.4., lo que reiteró la incidencia del COVID-19 en el MSCI COLCAP y las acciones que la conforman. Así mismo, es necesario mencionar, que este tipo de investigaciones en Colombia, han sido limitadas y orientadas a análisis descriptivos de las series de tiempo, obviando la utilización de herramientas econométricas,

tal es el caso del estudio de Romero, (2021) en la que se concluyó que la pandemia tuvo afectación en la rentabilidad y el riesgo de las principales acciones del país.

En relación con ello, la construcción de esta investigación puede establecerse como uno de los referentes en la incidencia de la pandemia en el país, pues considera no un análisis descriptivo, sino también analítico y propositivo.

9.3. Elaboración de un portafolio óptimo de inversión para afrontar la incidencia del COVID-19

La elaboración del portafolio de inversión permite determinar en cierta medida características financieras con ayuda de análisis estadísticos, orientados a lograr una maximización de la cartera, basada en una asignación apropiada de recursos a partir de resultados obtenidos en el estudio de las empresas y en general del mercado expresado por el MSCI COLCAP.

En ese sentido, se logrará la construcción de mecanismos estadísticos y matrices con la que se podrá inferir, según sus características y análisis individual y conjuntos, la inversión acertada para cada acción de este estudio, con lo que se llegará así, a la elaboración de un portafolio rentable y eficiente que hubiera sido una opción en la coyuntura por COVID-19.

9.3.1. Análisis ex antes y ex post al COVID-19 desde la teoría de Markowitz y análisis multivariado para las 10 acciones de mayor participación del MSCI COLCAP

Matriz de indicadores o momentos estadísticos. Una aproximación a la selección del portafolio de inversión se identifica en la Tabla 22 y 23 que sirve para determinar la situación de una serie de empresas y someterlas en comparación entre ellas con el fin crear una visión de su estado y generar conclusiones que aporten a la toma de decisiones con

respecto a la optimización de recursos con el menor riesgo posible, donde la escala tipo semáforo será un insumo para escoger las mejores acciones. En ese sentido, el color verde representará la mejor alternativa, su contraparte el matiz rojo y en una posición intermedia la tonalidad amarilla.

Para el periodo ex ante al COVID-19, 2016 a 2018 (Tabla 22), las medias de los rendimientos continuos diarios más altos fueron Ecopetrol (0,12%) e ISA (0,09%), seguida en su orden de Preferencial Bancolombia (0,0512%), Bancolombia (0,0508%) y Davivienda (0,0479%). Cabe anotar que GrupoSur (-0,01%) a diferencia de las anteriores empresas, presentaron rendimientos negativos. GEB, ARGOS y Nutresa por su parte, no superaron los retornos medios del MSCI COLCAP (0,02%) y del ETICOLCAP (0,02%), ubicándose 0,01 unidades porcentuales por debajo.

Ahora bien, la volatilidad más alta se presentó por Ecopetrol (2,12%), seguido de Bancolombia (1,41%), Preferencial Bancolombia (1,39%), Argos (1,35%) e ISA (1,26%), por lo contrario, Nutresa (0,89%) y GEB (1%) pudieron establecerse como buenas opciones en la construcción de una cartera de inversión. Condiciones generales que son consecuente con su variabilidad de rendimientos. Es notable resaltar que el riesgo es algo inherente a casi toda actividad empresarial, por lo que es necesario considerar en los diversos análisis financieros su estudio, al permitir mejorar la toma de decisiones respecto a una inversión a realizar (Ruth et al., 2021).

Desde el índice de Sharpe y riesgo marginal, con el fin de comprobar si las decisiones de seguridad fueron acertadas, se hace evidente que Ecopetrol e ISA deberían haber sido incluidas en los portafolios de inversión. Otras alternativas posibles serian Preferencial Bancolombia, Bancolombia, Davivienda y la inserción del ETICOLCAP.

Tabla 22

Matriz de indicadores o momentos estadísticos periodo ex ante 2016-2018

INDICADORES	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
RENTAB. PROMEDIO DIARIA E(Ri)	0,05%	0,05%	0,12%	0,09%	0,01%	0,01%	0,00%	0,05%	-0,01%	0,01%	0,02%	0,02%
RENTAB. PROMEDIO ANUAL E(Rp)	13,782 %	13,655 %	34,928 %	24,662 %	1,868 %	1,471 %	1,167 %	12,819 %	-3,582%	1,326 %	4,920 %	4,353 %
RIESGO DIARIO-VOL(Ri)	1,39%	1,41%	2,12%	1,26%	1,00%	1,35%	1,23%	1,16%	1,10%	0,89%	0,75%	0,76%
RIESGO ANULA-VOL (Rp)	22,13%	22,42%	33,66%	19,94%	15,81 %	21,43 %	19,48 %	18,43%	17,38%	14,18 %	11,89 %	12,06 %
VARIANZA (Ri)	0,019%	0,020%	0,045%	0,016%	0,010 %	0,018 %	0,015 %	0,013%	0,012%	0,008 %	0,006 %	0,006 %
RIESGO MARGINAL	27,20	27,80	17,83	14,35	135,63	232,91	266,43	24,25	75,65	170,90	39,29	44,94
INDICE SHARPE	0,04	0,04	0,06	0,07	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,03	0,02
DIF. SHERBY-SHEV	0,10%	0,10%	0,24%	0,18%	0,01%	0,01%	0,01%	0,10%	-0,03%	0,01%	0,04%	0,05

A1: PFBANCOLOMBIA; A2: BCOLOMBIA; A3: ECOPETROL; A4: ISA; A5: GEB; A6: ARGOS; A7: PFAVAL; A8: DAVIVIENDA; A9: GRUPOSUR; A10: NUTRESA; A11: MSCI COLCAP; A12: ETICOLCAP

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Tabla 23.

Matriz de indicadores o momentos estadísticos periodo *ex post* 2019-2022

INDICADORES	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
RENTAB. PROMEDIO DIARIA E(Ri)	0,003 %	0,017 %	0,004 %	0,065%	0,048%	-0,031%	-0,018%	0,004 %	-0,009%	0,027 %	0,008 %	0,009%
RENTAB. PROMEDIO ANUAL E(Rp)	0,782 %	4,445 %	0,966 %	17,751 %	12,893 %	-7,433%	-4,507%	0,969 %	-2,320%	7,036 %	2,160 %	2,251%
RIESGO DIARIO-VOL(Ri)	2,18%	2,57%	2,49%	2,29%	1,76%	3,13%	1,95%	2,02%	2,42%	1,69%	1,54%	1,630%
RIESGO ANULA-VOL (Rp)	34,57 %	40,77 %	39,46 %	36,42%	27,89%	49,72%	31,03%	32,14 %	38,48%	26,82 %	24,45 %	25,868 %
VARIANZA (Ri)	0,047 %	0,066 %	0,062 %	0,053%	0,031%	0,098%	0,038%	0,041 %	0,059%	0,029 %	0,024 %	0,027%
RIESGO MARGINAL	704,09	148,79	651,67	35,37	36,49	102,21	106,81	528,80	260,21	62,61	181,59	184,44
INDICE SHARPE	0,00	0,01	0,00	0,03	0,03	0,01	0,01	0,002	0,00	0,02	0,01	0,01
DIF. SHERBY-SHEV	0,01%	0,03%	0,01%	0,13%	0,10%	-0,06%	-0,04%	0,01%	-0,02%	0,05%	0,017 %	0,018%

A1: PFBANCOLOMBIA; A2: BCOLOMBIA; A3: ECOPETROL; A4: ISA; A5: GEB; A6: ARGOS; A7: PFAVAL; A8: DAVIVIENDA; A9: GRUPOSUR; A10: NUTRESA; A11: MSCI COLCAP; A12: ETICOLCAP

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Estos mismos indicadores, para el periodo ex post, 2019 a 2022 (Tabla 23), muestran que las acciones que mejores rendimientos diarios promedio presentaron fue ISA (0,065%) y GEB (0,048%), seguida de Nutresa (0,027%). En el caso de ARGOS, Preferencial Aval y GrupoSur, sus comportamientos han sido decrecientes, ubicándose por debajo del rendimiento del MSCI COLCAP en promedio 0,011 unidades porcentuales. El nivel riesgo diario indica que ARGOS, correspondió a la empresa con mayor volatilidad (3,13%), en lo contrario a GEB y Nutresa quienes exhibieron condiciones más idóneas (1,69%) para ser tenidas en cuenta en la construcción de un portafolio de inversión.

El índice Sharpe y riesgo marginal permite generar un panorama más certero para la selección de portafolio, lo que mostró que ISA, GEB y Nutresa, son alternativas viables. No obstante, se identifica que Preferencial Bancolombia, Ecopetrol, Davivienda y Grupo Sur son acciones que deberían excluirse dado el poco rendimiento que se obtiene por un alto riesgo asumido. Con respecto al ETICOLCAP su comportamiento le permitió identificarse de manera preliminar como la cuarta mejor opción en la construcción de la cartera.

Matriz de correlaciones y varianza y covarianza. En las matrices descritas en las Figuras 17 y 18 se puede observar las intersecciones existentes entre los grupos de acciones, en la mayoría con una asociación lineal positiva moderada al encontrarse en el rango del 0,3 y 0,5. En el caso de Preferencial Bancolombia y Bancolombia presentan una muy alta asociación lineal positiva para ambas ventanas de tiempo superior al 0,8, situación que no determina una causalidad, ya que esta se establece en un análisis ANOVA con pruebas de hipótesis como la de Granger. Aunque su comportamiento es consecuente al pertenecer a la misma dinámica comercial de la empresa.

Las relaciones lineales negativas son bajas en los dos esquemas, entre algunas de ellas se encuentran Ecopetrol y GEB (-0,05), Davivienda y GEB (-0,01), Grupo Sur y GEB (-0,01), Nutresa y GEB (-0,01) Preferencial Bancolombia y Preferencia Aval (-0,0058), Ecopetrol y Preferencial Aval (-0,01), Argos y Preferencial Aval (-0,04), Nutresa y Preferencial Aval (-0,02).

Figura 17

Mapa de calor de correlaciones para los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2016-2018.

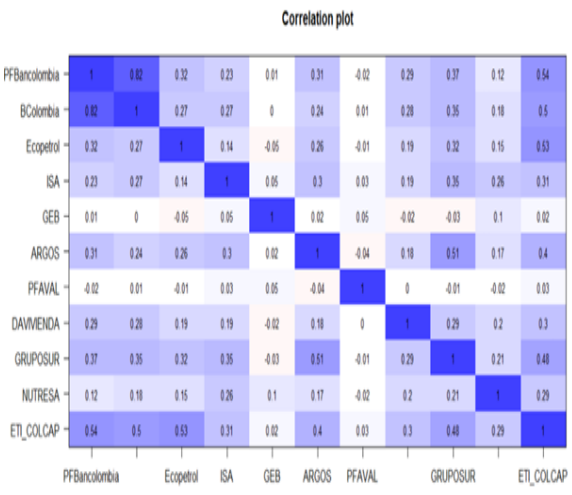
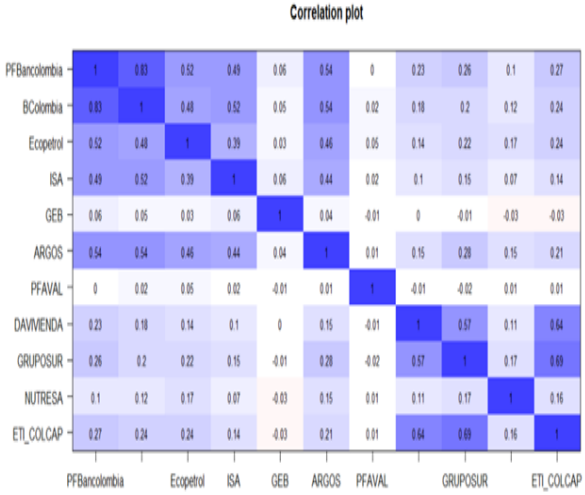


Figura 18

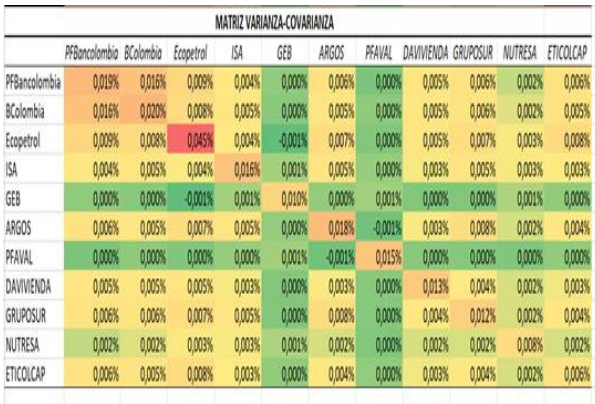
Mapa de calor de correlaciones para los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022.



Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Figura 19

Matriz de varianza-covarianza para los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2016-2018.

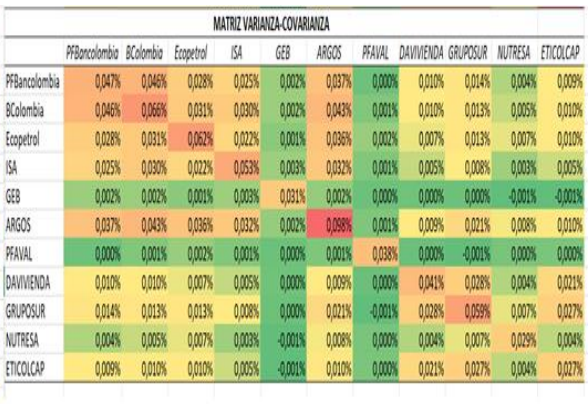


MATRIZ VARIANZA-COVARIANZA

	PFBancolombia	BColombia	Ecopetrol	ISA	GEB	ARGOS	PFAVAL	DAVIVIENDA	GRUPOSUR	NUTRESA	ETICOLCAP
PFBancolombia	0,019%	0,016%	0,009%	0,004%	0,000%	0,006%	0,000%	0,005%	0,006%	0,002%	0,006%
BColombia	0,016%	0,020%	0,008%	0,005%	0,000%	0,005%	0,000%	0,005%	0,006%	0,002%	0,005%
Ecopetrol	0,009%	0,008%	0,045%	0,004%	-0,001%	0,007%	0,000%	0,005%	0,007%	0,003%	0,008%
ISA	0,004%	0,005%	0,004%	0,016%	0,001%	0,005%	0,000%	0,003%	0,005%	0,003%	0,003%
GEB	0,000%	0,000%	-0,001%	0,001%	0,010%	0,000%	0,001%	0,000%	0,000%	0,001%	0,000%
ARGOS	0,006%	0,005%	0,007%	0,005%	0,000%	0,018%	-0,001%	0,003%	0,008%	0,002%	0,004%
PFAVAL	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%	0,001%	-0,001%	0,015%	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%
DAVIVIENDA	0,005%	0,005%	0,005%	0,003%	0,000%	0,003%	0,000%	0,013%	0,004%	0,002%	0,003%
GRUPOSUR	0,006%	0,006%	0,007%	0,005%	0,000%	0,008%	0,000%	0,004%	0,012%	0,002%	0,004%
NUTRESA	0,002%	0,002%	0,003%	0,003%	0,001%	0,002%	0,000%	0,002%	0,002%	0,008%	0,002%
ETICOLCAP	0,006%	0,005%	0,008%	0,003%	0,000%	0,004%	0,000%	0,003%	0,004%	0,002%	0,006%

Figura 20

Matriz de varianza-covarianza para los precios históricos de las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022.



MATRIZ VARIANZA-COVARIANZA

	PFBancolombia	BColombia	Ecopetrol	ISA	GEB	ARGOS	PFAVAL	DAVIVIENDA	GRUPOSUR	NUTRESA	ETICOLCAP
PFBancolombia	0,047%	0,046%	0,028%	0,025%	0,002%	0,037%	0,000%	0,010%	0,014%	0,004%	0,009%
BColombia	0,046%	0,066%	0,031%	0,030%	0,002%	0,043%	0,001%	0,010%	0,013%	0,005%	0,010%
Ecopetrol	0,028%	0,031%	0,063%	0,022%	0,001%	0,036%	0,002%	0,007%	0,013%	0,007%	0,010%
ISA	0,025%	0,030%	0,022%	0,053%	0,003%	0,032%	0,001%	0,005%	0,008%	0,003%	0,005%
GEB	0,002%	0,002%	0,001%	0,003%	0,031%	0,002%	0,000%	0,000%	0,000%	-0,001%	-0,001%
ARGOS	0,037%	0,043%	0,036%	0,032%	0,002%	0,088%	0,001%	0,009%	0,021%	0,008%	0,010%
PFAVAL	0,000%	0,001%	0,002%	0,001%	0,000%	0,001%	0,038%	0,000%	-0,001%	0,000%	0,000%
DAVIVIENDA	0,010%	0,010%	0,007%	0,005%	0,000%	0,009%	0,000%	0,041%	0,028%	0,004%	0,021%
GRUPOSUR	0,014%	0,013%	0,013%	0,008%	0,000%	0,021%	-0,001%	0,028%	0,059%	0,007%	0,027%
NUTRESA	0,004%	0,005%	0,007%	0,003%	-0,001%	0,008%	0,000%	0,004%	0,007%	0,029%	0,004%
ETICOLCAP	0,009%	0,010%	0,010%	0,005%	-0,001%	0,010%	0,000%	0,021%	0,027%	0,004%	0,027%

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Las Figuras 19 y 20 permiten evaluar el riesgo conjunto que asumen las acciones de estudio, en ese sentido, para los dos periodos de tiempo los mayores riesgos los tienen Bancolombia y Preferencial Bancolombia y las combinaciones de GEB con Ecopetrol, ISA, Bancolombia y Preferencial Bancolombia.

Modelo de Markowitz. A partir de las matrices de participación mencionadas en la Tabla 24, se construyó los portafolios de inversión, sin embargo, al evaluar la normalidad con la prueba de Shapiro-Will se evidenció el no cumplimiento de ello, al presentar un valor de criterio p inferior al 5% de referencia, así mismo, las cifras de curtosis y asimetría indicaban la presencia de colas gruesas (leptocúrticas) con tendencia hacia la izquierda. Esta situación es atribuida a los valores atípicos (outlier) (Figura 21 y 22). En ese sentido, continuar con la construcción del portafolio implicaría que el vector de la media muestral y la matriz de covarianza no sean efectivos, a razón de que los estimadores serán sensibles a observaciones inusuales y susceptibles a pequeñas perturbaciones en los datos, tal como lo refiere Montaño & Zurita (2009).

Tabla 24

Matriz de participaciones para los periodos ex ante y ex post

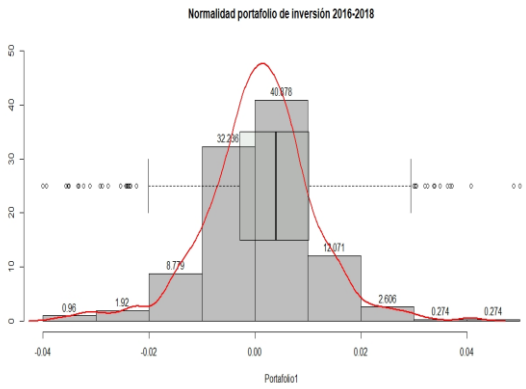
Participación (%)	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**	**A8**	**A9**	**A10**	**A11**
Porta1: 2016-2018	14%	13%	18%	24%	2%	1%	3%	15%	2%	3%	5%
Porta2: 2019-2022	3%	4%	5%	20%	33%	2%	2%	2%	3%	18%	8%

A1: PFBANCOLOMBIA; A2: BCOLOMBIA; A3: ECOPETROL; A4: ISA; A5: GEB; A6: ARGOS; A7: PFAVAL; A8: DAVIVIENDA; A9: GRUPOSUR; A10: NUTRESA; A11: ETICOLCAP

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg.

Figura 21

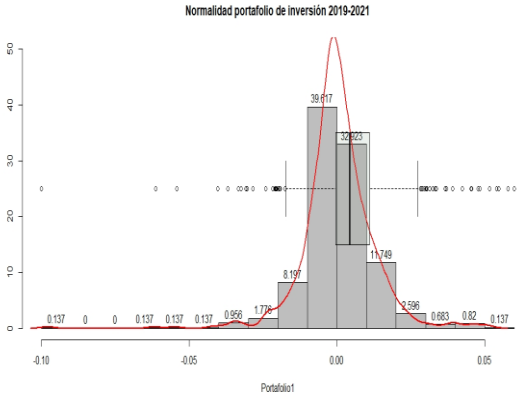
Esquema de distribución normal para el portafolio ex ante 2016-2018.



Nota: Curtosis: 4,6583; Asimetría: -0,1597; Shapiro-Wilk (p-value): 0.000000009

Figura 22

Esquema de distribución normal para el portafolio ex post, 2019-2022.



Nota: Curtosis: 12,061; Asimetría: -0,6241; Shapiro-Wilk (p-value): 0.000000000

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Con el fin de solventar este percance se empleó el método robusto de determinante de covarianza mínimo -MCD- técnica de estimación que elimina observaciones atípicas de excesiva volatilidad (López, 2015); a partir de ello, los resultados obtenidos permitieron establecer para el periodo ex ante que el portafolio óptimo debería haberse constituido por las siguientes acción y participaciones: ISA (53,08%), Ecopetrol (21,51%), Davivienda (19,07%), Preferencial Bancolombia (4,16%) y Bancolombia (2,18%); dicha cartera presentó un riesgo de 0,83% con un rendimiento de 0,09%. Hay que ser notar que el ETICOLCAP,

con la optimización, se excluyó del portafolio, indicado su no conveniencia antes de la pandemia.

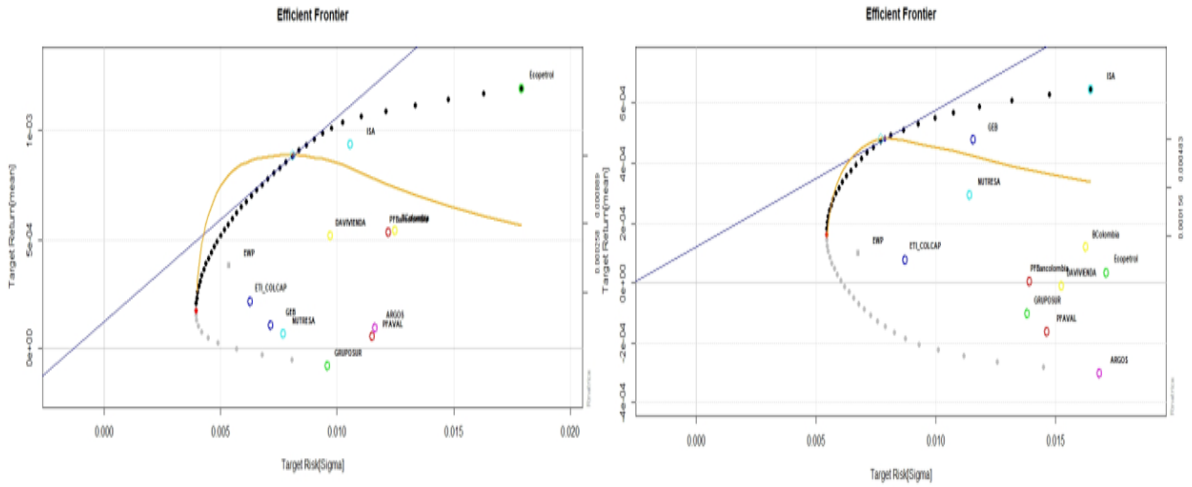
En el caso del punto de mínima varianza, las participaciones debieron ser: GEB (28,83%), ETICOLCAP (25,61%), Nutresa (19,88%), Preferencial Aval (12,18%), Davivienda (8,4%), ARGOS (3,35%), Grupo Sur (2,88%), e ISA (2,66%). Portafolio representado por un riesgo del 0,08% y un retorno del rendimiento de 0,02% (Figura 23).

Figura 23

Frontera eficiente bajo el método MCD paras las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2016-2018.

Figura 24

Frontera eficiente bajo el método MCD paras las 10 acciones con mayor participación en el índice bursátil MSCI COLCAP de Colombia, 2019-2022.



Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Para el periodo *ex post*, el portafolio óptimo que mejor se hubiera comportado a la contingencia por COVID-19 correspondería a GEB (45,26%), ISA (29,59%), y Nutresa (25,15%), cartera que presentaría un riesgo de 0,8% y un rendimiento de 0,05%. En el caso del punto de mínima varianza, sería ETICOLCAP (24,28%), GEB (22,02%), Nutresa (21,08%), Preferencia AVAL (14,84%), Preferencial Bancolombia (4,23%), ARGOS (3,92%), GrupoSur (3,55%), ISA (2,26%), Davivienda (2,14%), Ecopetrol (1,27%), y Bancolombia (0,41%), con un riesgo en conjunto de 0,57% y un retorno de rendimiento 0,02% (Figura 24).

Finalmente, tal como se mencionó en el comienzo del capítulo tres, las series financieras se caracterizan por presentar colas gruesas con alto apuntamiento que son influenciadas por la presencia de datos atípicos y que al momento de estimar valores de riesgo en portafolio generan distorsión en los resultados. De acuerdo con ello, se empleó el uso de VaR (v*alue at risk*) y CVaR (*conditional risk value*) a partir del método de t escalada y se evaluó su bondad de ajuste con la prueba de Cramer-Van, la cual superó el criterio estadístico del 5% con lo que se afirmó que los valores tienen una adecuada distribución normal.

A partir de la simulación por Montecarlo con un total de un millón de interacciones, el valor VaR para el portafolio óptimo identificado en el periodo ex ante, indicó que con un 95% de confianza, la pérdida máxima esperada que se podría haber presentado para un horizonte de un día sería equivalente al 0,0144; en relación con la cartera del periodo *ex post* su riesgo VaR fue superior en 0,0167 unidades. Vale mencionar que las pruebas de bondad de ajuste por Cramer-Von Mises, superaron el 5% de referencia con valores del 88,61% y 35,8%, indicado una adecuada distribución normal.

En el caso de que la pérdida esperada hubiera excedido el VaR en el primer portafolio óptimo (*ex ante*), el valor CVaR correspondería al 0,021 y para el segundo (*ex post*) 0,0283.

Composición de la curva eficiente bajo el análisis de componentes principales (PCA)

Figura 25

Agrupación por método de PCA, 2016-2018.

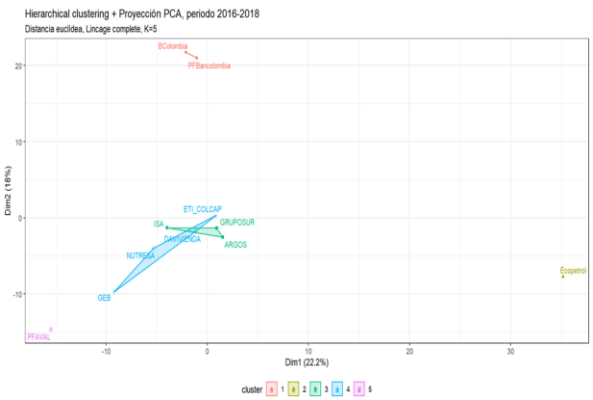
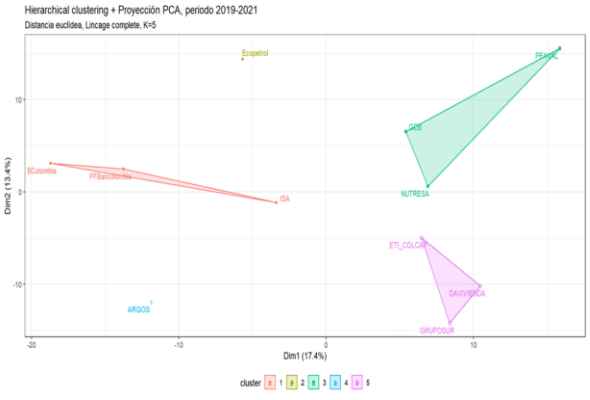


Figura 26.

Agrupación por método de PCA, 2019-2022.



Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

El análisis de clúster por componentes principales permitió identificar, en primera instancia para los dos horizontes de tiempo, la conformación de cinco grupos. Agrupamiento que se ha establecido de acuerdo con la similitud en el comportamiento diario de sus precios, es así como acciones como Preferencial Bancolombia con Bancolombia; GEB con Nutresa, Davivienda con ETICOLCAP y Ecopetrol de manera independiente, han mantenido una tendencia similar; no obstante, las demás no han presentado un patrón reiterativo.

Al analizar con más detalle y en miras de reducir la dimensión en las series de retornos y examinar la estructura y relación que pueden tener entre ellas y como estas se enmarcan en la selección de portafolios, se partió de definir el número de componentes bajo el criterio de un 80% de explicación de la varianza, aunque este valor puede ser arbitrario y se encuentra sujeta a cada investigador. La cantidad de dimensiones fue corroborada con un gráfico de sedimentación, donde que a partir del "codo" que se visualice, los valores asociados siguientes serán aproximadamente iguales (Gómez & Jiménez, 2020).

Figura 27

Variabilidad explicada de las componentes principales, 2016-2018.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
Standard deviation	0.02576692	0.0171048	0.01370519	0.01237435	0.01101939	0.01060665	0.009926628	0.008183881	0.007866419	0.005721027	0.005001192
Proportion of Variance	0.36550000	0.1610600	0.10340000	0.08430000	0.06685000	0.06193000	0.054250000	0.036870000	0.034070000	0.018020000	0.013770000
Cumulative Proportion	0.36550000	0.5265600	0.62996000	0.71425000	0.78110000	0.84303000	0.897280000	0.934150000	0.968210000	0.986230000	1.000000000

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Figura 28

Variabilidad explicada de las componentes principales, 2019-2022.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
Standard deviation	0.04678512	0.02880728	0.02148754	0.0198966	0.01904019	0.01776464	0.01743502	0.01618826	0.0140862	0.009794549	0.009269202
Proportion of Variance	0.39792000	0.15086000	0.08394000	0.0719700	0.06591000	0.05737000	0.05526000	0.04764000	0.0360700	0.017440000	0.015620000
Cumulative Proportion	0.39792000	0.54878000	0.63272000	0.7046900	0.77059000	0.82797000	0.88323000	0.93087000	0.9669400	0.984380000	1.000000000

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

El número de dimensiones, tal como se puede detallar en las Figuras 27 y 28, son seis, las cuales explican más de un 80% de la variabilidad total, vale mencionar que alrededor del

50% de la volatilidad de la información es expuesta con los dos primeros componentes, que corresponde el 18,18% de las variables originales. A partir, de la construcción de estos elementos, se elaboró el modelo de Markowitz, con lo que se obtuvo un nuevo portafolio. óptimo.

Figura 29

Frontera eficiente de los seis primeros componentes principales, 2016-2018.

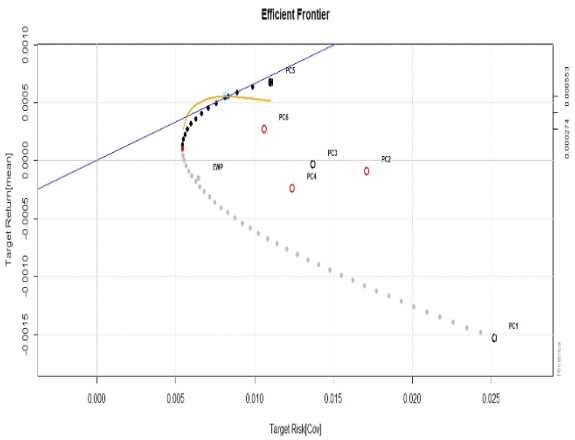
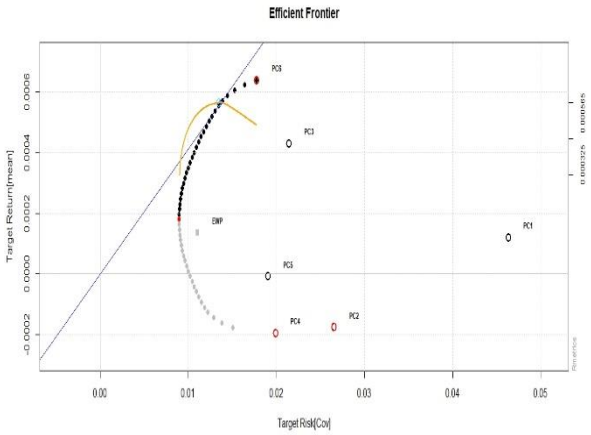


Figura 30

Frontera eficiente de los seis primeros componentes principales, 2019-2022.



Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

En los esquemas anteriores, se observa que para el periodo 2016 y 2018, los componentes 5 y 6, se encontraron con rendimientos esperados positivos, caso contrario a 1, 2 y 4 que tuvieron registros negativos, lo que permite inferir que la cartera óptima, según el método PCA, debió estar

compuesta por una mayor proporción de rendimientos de los componentes positivos. Para el cuatrenio siguiente (2019-2022) los componentes 1 y 3 exhiben retornos esperados positivos, por lo contrario, todos los demás son negativos. En relación con ello, entre el 2016 y 2018 el PC1 contó con el mayor riesgo, por otro lado, PC2 correspondería para los cuatro años siguientes.

La composición del portafolio óptimo tangente a la frontera eficiente, así como su riesgo y como retorno esperado, se describe en la tabla siguiente:

Tabla 25

Portafolio tangente a la frontera eficiente para los periodos ex ante y ex post, bajo la metodología PCA

Periodo (%)	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**Riesgo**	**Retorno**
2016-2018	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	69,57%	30,43%	0,83%	0,06%
2019-2022	5,75%	0,0%	94,25%	0,0%	0,0%	0,0%	2,04%	0,04%

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Estos dos escenarios permiten inducir, el efecto que tuvo la pandemia en la dinámica de las acciones, de ahí que para el periodo *ex post* el riesgo en la construcción de portafolios haya sido alto, en específico, 1,21 unidades porcentuales más que las registradas en el periodo *ex ante*. Por lo que se refiere al retorno, este fue bajo en época de pandemia, 0,02 unidades porcentuales inferior al trienio 2016-2018.

Con el fin de ver la contribución de cada acción en relación con los componentes, las Figuras 27 y 28 permiten inferir lo siguiente:

- Para el periodo *ex ante*, las acciones con mayor ponderación en los componentes 3, 5 y 6 fueron ISA, Ecopetrol y Nutresa. Por otro lado, para el horizonte *ex post* (PC1 y PC3) corresponde a: Bancolombia, Preferencial Bancolombia, ISA, Davivienda y Ecopetrol.
- Las acciones que tienen una ponderación negativa significativa en el periodo *ex ante* fueron Preferencial Bancolombia, Bancolombia, ARGOS y Preferencial Grupo Aval. Por su parte, para el cuatrienio siguiente correspondería a: ARGOS, Nutresa y Grupo Sur.

Los resultados identificados en este estudio son coherentes a las primeras estimaciones del modelo Markowitz en los escenarios *ex ante y ex post*, convirtiéndose en una herramienta de análisis histórica para identificar cuál hubiera sido el mejor portafolio en afrontar los cambios ante la pandemia por COVID-19.

Figura 31

Participación de las acciones en la conformación de componentes principales, 2016-2018.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
PFBancolombia	-0.390215159	0.397691075	-0.37556150	0.0522278752	-0.140409613	0.044478406	-0.02722579	0.10565897	0.04678134	0.683791208	0.206015988
BColombia	-0.372582715	0.444924000	-0.40508872	-0.0005304142	-0.036017039	0.119019500	0.04017492	-0.09107193	0.04250753	-0.686179052	-0.033287137
Ecopetrol	-0.665981419	-0.722031626	-0.09466411	-0.0193446252	0.038804012	0.074193313	-0.01137108	0.05992762	0.03356565	-0.051517920	0.106262900
ISA	-0.192181622	0.228002638	0.43599903	-0.1697379401	0.519990103	0.506970139	0.28182303	0.27682581	0.08069610	0.039069668	0.025911811
GEB	0.008629220	0.048172703	0.05169149	-0.1313270867	0.047502753	0.263288944	-0.91096186	0.21496581	-0.16466759	-0.053235871	0.009861908
ARGOS	-0.275146045	0.165278844	0.60718483	0.1072350494	-0.569741455	-0.137299441	-0.08696606	0.08960996	0.38483168	-0.090844449	0.037511985
PFAVAL	0.005727276	0.002761707	-0.03846197	-0.9678021174	-0.192586650	-0.123735945	0.07669673	-0.03572448	0.03165821	0.020555699	0.029252383
DAVIVIENDA	-0.182298948	0.139174573	0.06614237	-0.0231089455	0.510849009	-0.773909260	-0.14593463	0.22359315	0.09489839	-0.044096411	0.018585838
GRUPOSUR	-0.250985303	0.132996313	0.31106882	0.0111784889	-0.089527165	-0.128471739	0.08483713	-0.21221837	-0.85390897	-0.004712288	0.128424171
NUTRESA	-0.098439663	0.052828918	0.14562434	-0.0359419865	0.272279094	0.048979333	-0.21174428	-0.85714683	0.26911221	0.106299114	0.158834422
ETI_COLCAP	-0.216147442	0.032798827	0.02510810	-0.0273656468	0.004824112	-0.003219602	-0.03826654	-0.12276213	-0.03956516	0.180642872	-0.948714641

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Figura 32

Participación de las acciones en la conformación de componentes principales, 2019-2022.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
PFBancolombia	0.384893998	-0.10556993	0.31239625	-0.13875368	0.06107571	0.2690490039	-0.13878601	0.008640394	-0.059666255	0.61072776	-0.501861854
BColombia	0.450893395	-0.18406388	0.39925142	-0.19593133	0.18251605	0.3681583800	-0.11950412	-0.093848576	-0.092679165	-0.44283369	0.410356263
Ecopetrol	0.368065504	-0.09706795	0.17569135	0.53811540	-0.67382788	-0.1478624678	-0.05382256	0.215635882	0.037995425	-0.02526009	0.085353429
ISA	0.317082608	-0.18158951	0.20561239	-0.12976428	0.23308497	-0.6772732988	0.53766957	-0.062209150	0.024905681	0.01646930	-0.022155056
GEB	0.022379849	-0.04621240	0.05557168	-0.10081288	0.06866268	-0.5371857396	-0.80431062	-0.205806626	0.003031173	-0.03608660	-0.015673137
ARGOS	0.547031761	-0.16964465	-0.79775145	-0.04459443	0.09627204	0.0506453444	-0.06234022	0.056364102	0.115018513	-0.03056641	-0.022822725
PFAVAL	0.009471205	-0.02785202	0.04738473	0.77138812	0.62723525	0.0429882526	-0.06605470	-0.009717268	-0.023235200	0.03969381	-0.002107391
DAVIVIENDA	0.155626285	0.51388566	0.11607823	-0.05501709	0.09429209	0.0021100101	-0.03498562	0.082244894	0.761586021	0.18300824	0.254582016
GRUPOSUR	0.243432722	0.66518188	-0.07964030	-0.01428925	0.02380900	-0.0983586983	0.01024695	0.026664723	-0.620149609	0.18546580	0.248367478
NUTRESA	0.075459090	0.08517617	-0.06043239	0.15723547	-0.19363592	0.0940700445	0.13327805	-0.941591651	0.072752348	0.04921267	-0.016098674
ETI_COLCAP	0.153397351	0.40876341	0.06821502	0.02838627	0.01501219	0.0003025791	0.01465038	0.032422296	0.046005808	-0.59655427	-0.666661701

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de acciones reportados en Bloomberg

Estos resultados, en comparación con estudios como los de Gómez & Jiménez, (2020) que han establecido un horizonte de tiempo de cuatro años (2014 y 2016), anterior a las fechas de esta investigación, demuestran que acciones como ISA, GEB, Preferencial Bancolombia, Bancolombia y Davivienda han sido empresas con comportamiento favorables en la construcción de portafolios de inversión; lo que demostró la solidez en sus dinámicas comerciales a lo largo de la historia. Así mismo, se recalca la correlación e identificación de clúster en acciones como Preferencial Bancolombia y Bancolombia, Davivienda y GEB, e independencia en Ecopetrol y ARGOS.

Conclusiones y recomendaciones

Los mercados bursátiles a lo largo de la historia se han visto afectados por diversas situaciones socioeconómicas, que han dado paso a la construcción de teorías financieras de importancia, las cuales han sido validadas hasta la actualidad. Estas tesis se han constituido en insumos valiosos en la definición de investigaciones teóricas-prácticas para la mejora de la toma de decisiones de los actores involucrados y en la reducción de la incertidumbre financiera, ya que los inversionistas se encuentran inmersos en una serie de riesgo ante las dinámicas de las economías, cuyos efectos en la mayoría de los casos generan impactos en cadena, como los conflictos geopolíticos, decisiones de potencias mundiales o riesgos biológicos entre algunos de ellos: H1N1, gripe porcina o la más reciente, la pandemia por COVID-19. Es necesario así que países emergentes establezcan procesos continuos de información respecto a estos tipos de impacto, ya que estudios previos han demostrado que estas regiones son muy susceptibles ante permutaciones en territorios de alto desarrollo económico.

Bajo este contexto, y con miras a comprender la incidencia del COVID-19 en los retornos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia, los métodos empleados se centraron en la construcción de modelos heterocedásticos autorregresivos, en específico aquellos relacionados con la familia GARCH. Es así, que las diversas pruebas estadísticas y econométricas permitieron determinar como mejor modelo para la aprehensión del efecto de la pandemia, la variación TGARCH, con la que se identificó que las malas noticias por reportes de muertes y aparición de nuevas cepas ocuparon un papel importante en la volatilidad de las acciones, además de reconocer que el índice MSCI COLCAP presenta una memoria larga, es decir, los riesgos del pasado persisten en los del futuro.

No obstante, vale mencionar que, de las 10 acciones bursátiles estudiadas, PfBancolombia, Bancolombia, ISA, PfAVAL, GEB, GrupoSur, Ecopetrol y Davivienda, tuvieron algunas tendencias decrecientes antes de marzo del 2020, afectada por factores como el alza en el dólar, estallidos sociales, guerra de precios entre Rusia y Arabia Saudita y contienda comercial con China y Estados Unidos. Situación que se agudizó para todas las acciones durante el segundo trimestre del año ante los incrementos exponenciales de muertos por el riesgo biológico SARS-CoV-2, lo que llevó al cierre de las economías globales con aislamientos y cese de actividades productivas y comerciales, lo que repercutió en las salidas de capitales por la gran incertidumbre que se vivía en el momento. De ahí que esta coyuntura financiera se haya catalogado como un incidente de mayor impacto que el ocurrido en el año 2008.

A pesar de los avances en el control de la pandemia, la recuperación de las economías aún sigue en proceso, es quizás por eso que tal como se evidenció en la descripción de las series, los precios no llegan a sobrepasar históricos.

Al cotejar el comportamiento del MSCI COLCAP (Colombia) con los índices de Brasil (BOVESPA), Perú (IGBVL), Chile (IPSA) y México (IPC) a partir de la matriz de momentos estadísticos antes y después de la pandemia, se presentó condiciones algo peculiares, al identificar a BOVESPA como uno de los más riesgos, a pesar de que el periodo previo a la pandemia exhibía escenarios muy favorables, así mismo, el reconocer a IPSA e IPC como índices propicios para la inversión, adjudicado al rebote de las economías, y planes de vacunación con gran cobertura que motivo a una mayor reactivación económica que sus contrapartes.

Desde el análisis de los efectos indirectos establecidos a partir de los modelos GARCH-BEKK, se concluyó la no existencia de volatilidad propia e incidencia indirecta de volatilidad entre los índices, al no presentar significancia en las variables, sin embargo, el estudio de los parámetros

"A" permitió revelar un impacto de choques de mercados, donde el más significativo fue el presentado por el MSCI COLCAP y BOVESPA, aunque su relación es inversa, es decir, un incremento en el índice de Brasil provocaría una reducción en el correspondiente a Colombia, este panorama es algo evidente dado la dinámica de los acuerdos comerciales que se vienen realizado, además de que Brasil representa la economía más grande de América Latina.

Debe señalarse que uno de los inconvenientes en la estimación, fue la limitación de los programas estadísticos Eviews y Stata, al no permitir identificar los impactos en toda la matriz, solamente en su diagonal, de ahí que para solventar el inconveniente se haya empleado el *software* libre R, no obstante, se ve la necesidad de aún fortalecer el paquete existente "mgarchBEKK" pues hasta el momento solo es posible la vinculación de máximo tres series para la simulación.

Respecto a la construcción del portafolio de inversión desde un escenario *ex ante* y *ex post* a partir de la teoría de Markowitz y análisis multivariado, se comprendió que las metodologías pueden ser complementarias y eficientes para la toma de decisiones, lo que permitió disminuir el riesgo y maximizar ganancias. Así mismo, la elaboración de las carteras posibilitó identificar un patrón de seguridad a lo largo de la historia en ISA, GEB, Preferencial Bancolombia, Bancolombia y Davivienda, así también la correlación existente en la construcción de clústeres con las acciones Preferencial Bancolombia y Bancolombia, Davivienda y GEB, e independencia en Ecopetrol y ARGOS.

Es así como este estudio se convierte en un insumo valioso para los inversionistas que día a día intentan comprender las dinámicas de los mercados financieros, en búsqueda de identificar estrategias que le permitan la gestión de los riesgos. De otra parte, se espera que el manuscrito sirva como un punto de partida para que estudiantes afines al área económica y financiera, puedan afianzar sus conocimientos respecto a la construcción de modelos de volatilidad y carteras de

inversión. En el caso de los formuladores de políticas, puede ser útil para la toma de decisiones, al vislumbrar el impacto de los riesgos biológicos en las bolsas de valores.

De este modo, posibles investigaciones que pueden extenderse del presente trabajo serían el definir un comparativo de la incidencia de otros riesgos biológicos que sumados al COVID-19 pudieron incidir en los mercados bursátiles, con el fin de identificar probables patrones. Otro tema de interés correspondería el realizar ejercicios de *Machine Learning*, en específico *Text Mining*, que permitan profundizar los conocimientos de las incidencias de las buenas y malas noticias provenientes de redes sociales en el mercado bursátil de Colombia a partir de modelos heterocedásticos como el EGARCH y TGARCH, para comprender mejor los riesgos sistémicos. Finalmente, ahondar en la construcción de carteras de inversión con horizontes de tiempo y acciones más amplios de lo aquí propuesto para corroborar las tendencias ante otros tipos de riesgos biológicos.

Bibliografía

Aguado, G., Quevedo, A., Castro, M., Arteaga, R., Vásquez, M., & Zamora, B. (2016). Predicción de variables meteorológicas por medio de modelos ARIMA. *Agrociencia*, *50*(1), 1–13. http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n1/1405-3195-agro-50-01-1.pdf.

Al-Maadid, A., Alhazbi, S., & Al-Thelaya, K. (2022). Using Machine Learning to Analyze the Impact of Coronavirus Pandemic News on the Stock Markets in GCC Countries. *Research in International Business and Finance*, *61*, 1–14. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0275531922000551

Albulescu, C. T. (2021). COVID-19 and the United States financial markets' volatility. *Finance Research Letters*, *38*, 101699. https://doi.org/10.1016/J.FRL.2020.101699

Allen, D. E., Powell, R., Mcaleer, M., & Singh Abhayk. (2015). Complutense de Análisis Económico Multivariate Volatility Impulse Response Analysis of GFC News Events Working Paper n^{o} 1510 Multivariate Volatility Impulse Response Analysis of GFC News Events * University of South Australia. In *Instituto Complutense de Análisis Económico* (1510). https://eprints.ucm.es/id/eprint/33041/1/1510.pdf

Altun, E., Tatlidil, H., Ozel, G., & Nadarajah, S. (2018). A new generalization of skew- T distribution with volatility models. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, *88*(7), 1252–1272. https://doi.org/10.1080/00949655.2018.1427240

Alzyadat, J., & Asfoura, E. (2021). The Effect of COVID-19 Pandemic on Stock Market: An Empirical Study in Saudi Arabia. *Journal of Asian Finance*, *8*(5), 913–0921. https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no5.0913

Amaris, G., Ávila, H., & Guerrero, T. (2017). Aplicación de modelo ARIMA para el análisis de series de volúmenes anuales en el río Magdalena. *Tecnura*, *21*(52), 88–101.

10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.2.a07

AMV. (2018). *Guía de estudio, administración de portafolios. Artmedia Estudio*. https://www.amvcolombia.org.co/wp-content/uploads/2019/07/Material-de-estudio-Administracion-de-Portafolios-24-de-enero-de-2019.pdf

ANDI. (2020). *Colombia: Balance 2020 y perspectivas 2021*. http://www.andi.com.co/Uploads/Balance 2020 y perspectivas 2021_637471684751039075.pdf.

Ángel, L., Cerón, M., Alejandro, R., & Otero, M. (2012). Contagio financiero entre economías : análisis exploratorio desde la econometría. Caso Colombia-Estados Unidos. *Revista Finanzas y Política Económica*, *4*(2), 51–62. https://doi.org/10.14718/REVFINANZPOLITECON.V4.N2.2012.461

Arriaga, R., Castro, J., & Sosa, M. (2019). Análisis de estrategias de inversión de diversificación internacional: portafolios tradicionales vs ETFS. *Revista Análisis Económico*, *36*(87), 41–61. doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2019v34n87/Arriaga

Azofra, V. (2005). Acerca de una nota crítica sobre la investigación actual en finanzas. *Cuadernos de Economía y Dirección de Empresas*, *24*(121), 150. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2162935.pdf

Azofra, V., & Fernández, A. (1992). Evolución reciente de la moderna teoría financiera. *Anales de Estudios Económicos y Empresariales*, *7*, 111–126. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=786119

Bagão, M., Dias, R., Heliodoro, P., & Alexandre, P. (2020). the Impact of Covid-19 on European Financial Markets: an Empirical Analysis. *6th LIMEN Conference Proceedings (Part of LIMEN Conference Collection)*, *6*(November), 1–11.

https://doi.org/10.31410/limen.2020.1

Baig, A. S., Blau, B. M., Butt, H. A., & Yasin, A. (2022). Do retail traders destabilize financial markets? An investigation surrounding the COVID-19 pandemic. *Journal of Banking & Finance*, *144*(January), 1–19. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2022.106627

Baker, S. R., Bloom, N., Davis, S. J., Kost, K. J., Sammon, M. C., & Viratyosin, T. (2020). *The Unprecedented Stock Market Impact of COVID-19*. https://doi.org/10.3386/W26945

Banrep. (2020). *Producto interno bruto trimestral a precios constantes de 2015, por grandes ramas de actividad económica*. https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib.

Baquero, T., & Liñan, A. (2020). Incidence of covid-19 pandemic in the colombian state economy. *Utopia y Praxis Latinoamericana*, *25*(Extra8), 292–302. https://doi.org/10.5281/zenodo.4087644

Barrezueta, J. C. R., Flores, J. E. A., & Ordóñez, L. B. T. (2021). Aplicación del CAPM en Mercados Emergentes: Una revisión teórica. *PODIUM*, *39*, 53–70. https://doi.org/10.31095/podium.2021.39.4

BBVA. (2016, October). *El valor de las acciones*. https://www.bbva.com/es/formulas-saber-una-accion-cara-barata/

Bhunia, A., & Ganguly, S. (2020). An assessment of volatility and leverage effect before and during the period of Covid-19: a study of selected international stock markets. *International Journal of Financial Services Management*, *10*(2), 113. https://doi.org/10.1504/ijfsm.2020.110224

Bhuvaneshwari, R. (2021). Impact of Covid-19 on the Financial Sector Indices. *International Research Journal of Business Studies*, *14*(2), 137–145.

https://doi.org/10.21632/irjbs.14.2.137-145

Bolín, K., & Velasco, J. (2020). Epidemias en la historia de Colombia: reflexiones para el presente. In et al Castro (Ed.), *Ensayos sobre la pandemia* (pp. 25–36). https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/86919/6/londono_ensayos_pandemia_2020.pdf

Bolton, M., Luiz, P., & Romain, F. (2020). *Central banking and financial stability in the age of climate change.* https://www.bis.org/publ/othp31.pdf.

Bonet, J., Ricciulli, D., Pérez, G., Galvis, L. A., Haddad, E., Araújo, I., & Perobelli, F. (2020). Impacto económico regional del Covid-19 en Colombia: un análisis insumo-producto. *Banco de La República*, *288*, 34. https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/9843

Botero, J., Londoño, L., & Montañez, D. (2020). Entorno internacional y posible impacto del COVID-19 sobre la economía colombiana. In A. García (Ed.), *Efectos económicos y sociales por COVID-19 y alternativas de política pública* (pp. 11–25). https://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/cief/Documents/Torres-Coord-2020-efectos-y-politicas-para-el-COVID-ant-y-amva.pdf.

BVC. (2011). *Metodología para el cálculo del índice colcap marzo de 2011*. https://www.bvc.com.co/recursos/Files/Mercados/Indices_Accionarios/Nueva_Metodologia_Calculo_Indice_COLCAP.pdf

BVC. (2021a). *Listado de emisores*. https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Listado+de+Emisores?action=dummy

BVC. (2021b). *Reglamento general de la bolsa de valores de Colombia S.A. 034.*

https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Regulacion/Sistemas_Administrados/Renta_Variable?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-147a6d49_15de066918a_-6474c0a84ca9&rp.revisionNumber=3&rp.attachmentPropertyName=Attachmen

Canales, R. J. (2017). Estado actual de los Índices Bursátil en el mundo. *REICE: Revista Electrónica de Investigación En Ciencias Económicas*, *5*(9), 65–84. https://doi.org/10.5377/REICE.V5I9.4363

Castro, G. (2021). *Series de tiempo: Los modelos de volatilidad*. Universida de Nariño.

ÇELİK, A. (2021). Volatility of BIST 100 Returns After 2020, Calendar Anomalies and Covid-19 Effect - 2020 Sonrası BIST 100 Getiri Volatilitesi, Takvim Anomalileri ve Kovid-19 Etkisi. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 61–81. https://doi.org/10.46520/bddkdergisi.986643

CEPAL. (2020). Dimensionar los efectos del Covid-19 para pensar en la reactivación. *Cepal*, *2*, 1–21. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45445/4/S2000286_es.pdf

Chatjuthamard, P., Jindahra, P., Sarajoti, P., & Treepongkaruna, S. (2021). *The effect of COVID-19 on the global stock market*. https://doi.org/10.1111/acfi.12838

Chaves, Á. (2021). Análisis sobre la evolución del COVID-19 en Colombia: ¿se alcanzará el pico de contagio? *Tiempo y Economía*, *8*(1), 123–160. https://doi.org/10.21789/24222704.1672

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, & (CEPAL). (2021). La paradoja de la recuperación en América Latina y el Caribe. Informe Especial COVID-19 Nº 11. In *Comisión Económica para América Latina y el Caribe* (p. 42). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47043/5/S2100379_es.pdf

Córdoba, M. (2015). *Mercado de valores* (Ecoe).

https://drive.google.com/file/d/1H06ZuxMlymaHRJIKTFOEoRVcezQyYVr2/view.

Coria Villca, D. (2020). Modelo de Markowitz aplicado a fondos de inversión en Bolivia. *Revista Ñeque*, *3*(7), 176–189. https://doi.org/10.33996/revistaneque.v3i7.40

DANE. (2021). *Proyecciones de poblacional nacional por área 2018-2070*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion.

Doria, C., & Niebles, W. (2020). El mercado integrado latinoamericano – MILA – en tiempo de COVID -19. análisis enero – mayo 2020. *AGLALA*, *11*(1), 17–37. https://revistas.curn.edu.co/index.php/aglala/article/view/1755/1191

Duttilo, P., Gattone, S. A., & Battista, D. (2020). *matemáticas*. *2020*.

Echemendía, B. (2011). Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, *49*(3), 470–481. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Endri, E., Widya, A., Razak, A., Laynita, S., & Renil, S. (2022). Stock price volatility during the COVID-19 pandemic : The GARCH model. *Business Perspectives*, *18*(4), 12–20. https://doi.org/10.21511/imfi.18(4).2021.02

Fernández, H. (2010). Una aplicación del modelo EGARCH para estimar la volatilidad de series financieras. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *9*(17), 95–104. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242010000200008&script=sci_arttext&tlng=es

Flórez, L. (2008). Evolución de la Teoría Financiera en el Siglo XX. *Cinzia Ollari*, *27*, 145–168. https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/view/709

Franco-Arbeláez, L. C., Avendaño-Rúa, C. T., & Barbutín-Díaz, H. (2011). Modelo de markowitz y modelo de Black-Litterman en la optimización de portafolios de inversión. *TecnoLógicas*, *26*, 71–88. https://doi.org/10.22430/22565337.40

Galarza, E., & Fajardo, C. (2021). Estimadores de volatilidad basados en información de alta frecuencia del índice de capitalización accionaria (Colcap) en Colombia. *Semestre Económico*, *24*(56), 143–166. https://doi.org/10.22395/seec.v24n56a6

García, J. (2016). *Predicción en el dominio del tiempo análisis de series temporales para ingenieros* (Universita). http://hdl.handle.net/10251/72938

Girón, L. (2018). *Econometría Aplicada, usando EViews 10.0* (S. E. Javeriano (ed.); Pontifica).

Gómez, J., & Jiménez, J. (2020). Selección óptima de portafolios basada en cadenas de Markov de primer y segundo orden. *Lecturas de Economía*, *92*, 33–66. https://doi.org/10.17533/udea.le.n92a02

González, A. (2018). El coeficiente beta (β) como medida del riesgo sistemático: Una demostración de que el valor del riesgo sistemático del mercado es igual a uno. *REICE: Revista Electrónica de Investigación En Ciencias Económicas*, *6*(12), 1–20. https://doi.org/10.5377/REICE.V6I12.7473

González, J. Z., Pérez, J. F. M., & Montoya, F. R. (2009). La crisis financiera y económica del 2008. Origen y consecuencias en los Estados Unidos y México. *El Cotidiano*, *157*, 17–27.

Granger, C. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Essays in Econometrics*, *37*(3), 31–47. https://doi.org/10.1017/ccol052179207x.002

Granger, C., & Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics*, *2*, 1–10. papers2://publication/uuid/4EFB34E4-AE4A-4952-A84A-

C50AA36D4154

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (McGrawHill).

Gutiérrez, D., Laniado, H., & Medina, S. (2018). Robust estimation of the covariance matrix for the optimal selection of investment portfolios. *DYNA (Colombia)*, *85*(207), 328–336. https://doi.org/10.15446/DYNA.V85N207.74883

Hafner, C. M., & Herwartz, H. (2001). Volatility Impulse Response Functions for Multivariate Garch Models. *CORE Discussion Papers*, 1–28. https://www.researchgate.net/publication/5068284_Volatility_Impulse_Response_Functions_for_Multivariate_Garch_Models

Jabeen, S., Farhan, M., Zaka, M. A., Fiaz, M., & Farasat, M. (2022). COVID and World Stock Markets: A Comprehensive Discussion. *Frontiers in Psychology*, *12*(1), 1–16. https://doi.org/doi.org/10.3389/fpsyg.2021.763346

Jareño, F. (2020, March 11). COVID-19: ¿profunda recesión o motivo para la esperanza? *The Conversation*. http://theconversation.com/COVID-19-profunda-recesion-o-motivo-para-la-esperanza-133457.

Jindal, N., & Gupta, R. K. (2022). The Impact of COVID-19 on Stock Market Returns & Volatility: A Study of Thailand and Indian Bourses. *Thailand and the World Economy*, *40*(2), 145–167.

Jones, S. K. (2022). ESG Risk in Times of Crisis : Evidence from the COVID-19 Pandemic. *Journal of Finance*, *20*(2), 25–34. https://jfi.aof-mbaa.org/index.php/jfi/article/view/3875

Kapoor, S., & Prosad, J. M. (2017). Behavioural Finance: A Review. *Procedia Computer Science*, *122*, 50–54. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2017.11.340

Keliuotyte, G., & Kviklis, J. (2022). Stock Market Reactions during Different Phases of the

COVID-19 Pandemic: Cases of Italy and Spain. *Economies*, *10*(1), 1–32. https://doi.org/10.3390/economies10010003

Laffaye, S. (2008). La crisis financiera: origen y perspectivas. *Coyuntura Económica Internacional*, *13*.

López, P. (2015). *Estrategias eficientes de inversión y gestión del riesgo en mercados bursátiles*. http://uvadoc.uva.es/handle/10324/13515

Lorenzo, V., & Ruíz, A. (2014). Un modelo TGARCH con una distribución t de student asimétrica y las hipótesis de racionalidad de los inversionistas bursátiles en Latinoamérica. In *Economía y Política* (Vol. 19). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571161904003

Maguiña, C., Gastelo, R., & Tequen, A. (2020). El nuevo Coronavirus y la pandemia del Covid-19. *Revista Medica Herediana*, *31*(2), 125–131. https://doi.org/10.20453/RMH.V31I2.3776

Marín, N., González, J., & Botero, S. (2022). Dynamic relationships among green bonds, CO2 emissions, and oil prices. *Frontiers in Environmental Science*, *10*(September), 1–17. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.992726

Marino, J., Frías, S., Souquet, G., & Marino, R. (2002). Administración de riesgos financieros: Un requisito necesario en la actualidad para ser competitivo. *Anales de La Universidad Metropolitana*, *2*(1), 87–97. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4004764

Martín, P. (2011). ¿Qué causas provocaron el crac? In *Pasado y presente :de la Gran Depresión del siglo XX a la Gran Recesión del siglo XXI* (Fundación, pp. 41–78). https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2012_IVIE_pasado_presente.pdf.

Martínez, I. (2012). Definición y cuantificación de los riesgos financieros. *Revista Actuarios*, *30*,

26–29. https://app.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1070205

Mascareñas, J. (2014). Riesgos Económico y Financiero (Business and Financial Risks). *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/SSRN.2315674

Mejía, L. (2020). Choque dual y posibles efectos sobre la economía colombiana. *Fedesarrollo Centro de Investigación Económica y Social*, *0*, 4–6. http://dams.fedesarrollo.org.co/tendenciaeconomica/publicaciones/204/

Melo, A. (2015). Conformación de portafolios óptimos de inversión a través de métodos de estimación robusta, un estudio comparativo. *Universidad Nacional de Colombia*, 113. http://www.bdigital.unal.edu.co/49558/

Mendoza, R., Lozano, J., & Venegas, F. (2020). Impacto de la pandemia Covid-19 en variables financieras relevantes en las principales economías de Latinoamérica. *Economía: Teoría y Práctica, Especial 2*(2), 125–144. http://www.scielo.org.co/pdf/pece/n12/n12a2.pdf.

Mesa, R., Restrepo, D., & Aguirre, Y. (2008). Crisis externa y desaceleración de la economía colombiana en 2008-2009: coyuntura y perspectivas. *Perfil de Coyuntura Económica*, *12*, 31–67. http://www.scielo.org.co/pdf/pece/n12/n12a2.pdf.

MILA. (2020). *Capitalización MILA*. https://mercadomila.com/datos-del-mercado/capitalizacion/.

Montaño, N., & Zurita, G. (2009). Estimadores Robustos para el Vector de Medias y la Matriz de Varianzas y Covarianzas de Vectores Aleatorios Multivariados. *Revista Tecnológica EPSOL, 22*(1), 1–8. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/60/1/26.pdf

Morales, G. (2015). *Contagio Financiero e Interdependia en América Latina: Análisis de Transmisión de shocks Financieros de Brazil Hacia el Resto de Países Latinoamericanos.*

https://www.uv.es/qfinan/TFM-numeros/15-021.pdf.

Morales, L., & Vélez, J. (2020). Cambios estructurales en índices bursátiles del mercado MILA entre los años 2008 y 2018. *Semestre Económico*, *23*(54), 21–44. https://doi.org/10.22395/SEEC.V23N54A2

Morales, M., Rangel, D. V., Valle, M. Del, & Rangel, M. (2020). Applied mathematics in crisis scenarios (Covid-19). *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0*, *24*(2), 353–366. https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i2.1335

Muñoz, E., & Gálvez, F. (2021). Efecto contagio del mercado estadounidense a los mercados financieros latinoamericanos durante la pandemia por COVID-19. *Cuadernos de Economía*, *40*(85), 1091–1111. https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v40n85.93352

Murphy, J. J. (2016). *Análisis técnico de los mercados financieros* (Gestión 20). https://www.planetadelibros.com/libros_contenido_extra/34/33426_Analisis_tecnico_mercado.pdf.

Ngurah, G. (2009). *Time series data Analysis Using Eviews* (New (ed.); Wiley & So).

Ngurah, G. (2019). *Advanced Time Series Data Analysis* (Wiley & So).

OCDE. (2018). *Perspectivas económicas de América Lat1. Ministerio de Salud Pú1. Ministerio de Salud Pública. Beneficios de la Lactancia Materna – Ministerio de Salud Pública. 2017. blica. Beneficios de la Lactancia Materna – Ministerio de Salud Pública. 2017. ina 201*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43513/1/LEO2018_es.pdf

OCDE. (2019). Perpectivas Economicas de America Latina 2019: Desarrollo en transición. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). https://www.cepal.org/es/publicaciones/44525-perspectivas-economicas-america-latina-2019-desarrollo-transicion

Orellana, I., Reyes, M., Cevallos, E., Tono, L., & Pinos, L. (2020). Análisis de riesgo financiero en el sector de fabricación de otros productos minerales no metálicos del Ecuador. *Revista Economía y Política*, *32*, 100–132. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571163421005

Osorio, M. (2017). *Estimación del (VaR) valor en riesgo para la tasa de cambio (TRM) COP-USD. Una aplicación usando modelos de heterocedasticidad condicional*. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/17617/CB0575762.pdf?sequence=1. %0AOspin

Ospina, A., & Rivera, I. (2020). La volatilidad en los Mercados financieros externos y local durante el año de la crisis sanitaria global. *Informe Especial Análisis de Coyuntura*, 1–22. https://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/cief/Documents/informe-especial-octubre-2020.pdf.

Oswaldo, E., Mateus, G., David, H., Perico, Á., Eliecer, A., Villalobos, O., Ávila, H. D., & Ortiz Villalobos, A. E. (2016). Mercados financieros, eficiencia y adaptación. *Equidad y Desarrollo*, *1*(26), 191–206. https://doi.org/https://doi.org/10.19052/ed.3735

Páez, C., & Peña, F. (2020). *Análisis del impacto del COVID-19 sobre el índice Colcap de la bolsa de valores de Colombia durante el primer trimestre del 2020*. https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/33051

Peña, R. P., & Silva, A. M. (2016). Impacto de la volatilidad de los activos financieros en los portafolios de inversión. *Ingenierías USBMed*, *7*(2), 21–47. https://doi.org/10.21500/20275846.1808

Pérez, M., Gómez, J., & Dieguezm, R. (2020). Características clínico-epidemiológicas de las COVID-19. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, *19*(2), 1–15. https://www.medigraphic.com/pdfs/revhabciemed/hcm-2020/hcm202e.pdf

Pineda Guerrero, M. S., Agudelo Aguirre, A. A., Rojas Medina, R. A., & Duque Hurtado, P. L. (2021). Valor en Riesgo y simulación: una revisión sistemática. *ECONÓMICAS CUC*, *43*(1), 57–82. https://doi.org/10.17981/econcuc.43.1.2022.Econ.3

Quiroga, C., & Villalobos, A. (2015). Análisis del comportamiento bursátil de las principales bolsas financieras en el mundo usando el análisis multivariado (análisis de componentes principales PCA) para el periodo de 2011 a 2014. *Revista CEA*, *1*(2), 25–36. https://doi.org/10.22430/24223182.122

Ramelli, S., Wagner, A. F., Schrimpf, A., Wang, J., Zeckhauser, R. J., & Ziegler, A. (2020). Feverish Stock Price Reactions to COVID-19. *The Review of Corporate Finance Studies*, *9*(3), 622–655. https://doi.org/10.1093/RCFS/CFAA012

Rehman, M. U., Ahmad, N., Shahzad, S., & V., V. (2022). Dependence dynamics of stock markets during COVID-19. *Emerging Markets Review*, *51*(2), 1–22. https://doi.org/doi.org/10.1016/j.ememar.2022.100894

Reyes-Clavijo, M. A., Pinos-Luzuriaga, L. G., Tonon-Ordóñez, L. B., & Orellana-Osorio, I. F. (2021). Aplicación del modelo CAPM al sector de fabricación de otros productos minerales no metálicos del Ecuador: periodo 2009 -2019. *INNOVA Research Journal*, *6*(3.1), 131–150. https://doi.org/10.33890/INNOVA.V6.N3.1.2021.1806

Riascos, J. (2009). Modelación Nacional De Portafolio En Títulos De Renta Variable, 2007-2009. *Tendencias*, *10*(1), 34–62. https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rtend/article/view/609

Riascos, J. (2014). Riesgo financiero acumulado: el caso de los índices bursátiles de Estados Unidos, 2000-2014. *Tendencias*, *15*(1), 78–108. https://doi.org/10.22267/RTEND.141501.51

Riascos, J. C., & Enrique, J. (2016). Breves consideraciones acerca de la importancia de los árboles

de decisión en el análisis de carteras. *Tendencias*, *17*(1), 11–33. https://doi.org/10.22267/RTEND.161701.11

Romero, Y. (2021). Impacto de la pandemia por COVID-19 en la canasta accionaria del Colcap en Colombia. *Revista Pensamiento Gerencial*, 1–9. https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/rpg/article/view/860/950

Rout, B., Das, N., & Inamdar, M. (2022). COVID-19 and market risk: An assessment of the G-20 nations. *J Public Affairs*, *17*(1–19). https://doi.org/doi.org/10.1002/pa.2590

Ruiz, A. (2021). *Análisis y consecuencias de la volatilidad de la TRM y el COLCAP en el mercado financiero colombiano entre 2019 y 2020*. [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio Universidad EAFIT. https://repository.eafit.edu.co/xmlui/handle/10784/30177

Ruth, B., Becerril, T., Anáhuac, -Universidad, Gallegos, A., & Anáhuac, D.-U. (2021). Estimación del Riesgo de Mercado utilizando el VaR y la Beta del CAPM. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, *16*(2), e589. https://doi.org/10.21919/remef.v16i2.589

Saavedra, M., & Saavedra, M. (2012). Evolución y aportes de la teoría financiera y un panorama de su investigación en México : 2003-2007. *Ciencia Administrativa*, *2*, 45–61. https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/04/05CA201202.pdf

Scheller, F., & Auer, B. R. (2018). How does the choice of Value-at-Risk estimator influence asset allocation decisions? *Https://Doi.Org/10.1080/14697688.2018.1459806*, *18*(12), 2005–2022. https://doi.org/10.1080/14697688.2018.1459806

Segura, J., Chavarro, F., & Grautoff, M. (2010). Ciclos económicos de las teorías de manchas solares al Filtro de Hodrick Presscott: el caso colombiano - Dialnet. *Criterio Libre*, *8*(13),

21–68. doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2010v8n13.1243

Shafiullah, M., Khalid, U., & Chaudhry, S. M. (2022). Do stock markets play a role in determining COVID-19 economic stimulus? A cross-country analysis. *The World Economy*, *45*(2), 386–408. https://doi.org/10.1111/twec.13130

Shiller, R. J. (2003). From Efficient Markets Theory to Behavioral Finance. *Journal of Economic Perspectives*, *17*(1), 83–104. https://doi.org/10.1257/089533003321164967

Sierra, M., & Rodríguez, N. (2019). Modelación y co-movimientos de la tasa de cambio colombiana, 2011-2017. *Métodos Cuantitativos Para La Economía y La Empresa*, *28*, 301–341. www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2966

Sosa, M., Ortiz, E., Cabello, A., Sosa, M., Ortiz, E., & Cabello, A. (2017). Crisis financiera global y su impacto en la dinámica bursátil europea y americana. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, *12*(3), 1–27. https://doi.org/10.21919/remef.v12i3.94

Soto, J., Arias., J., & Villegas, J. (2005). Evaluación de riesgos financieros en el mercado eléctrico colombiano. *Scientia et Technica*, *11*(27), 163–168. doi.org/10.22517/23447214.6927

Támara, A., Chica, I., & Montiel, A. (2017). Metodología de cálculo del beta: Beta de los activos, beta apalancado y beta corregido por cash. *Espacios*, *38*(34), 15–36. https://www.revistaespacios.com/a17v38n34/a17v38n34p15.pdf

Tilcsik, A., & Clearfield, C. (2019). La gestión en la era de los colpasos. In *Informe de riesgos mundial 2019* (World Econ, pp. 91–93). https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2019/January/ES-Global-Risks-Report-2019.pdf.

Toledo, F., & Caravaggio, L. (2020). Noticias y tensiones cambiarias en Argentina. *Económica*, *66*, 013. https://doi.org/10.24215/18521649E013

Tomás, G., Humberto, B., & Zambrano, A. (2021). Volatilidad y COVID-19: evidencia empírica internacional. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, *16*(3), e605. https://doi.org/10.21919/remef.v16i3.605

Topcu, M., & Gulal, O. S. (2020). The impact of COVID-19 on emerging stock markets. *Finance Research Letters*, *36*, 101691. https://doi.org/10.1016/J.FRL.2020.101691

Trejo, B., & Gallegos, A. (2021). Estimación del Riesgo de Mercado utilizando el VaR y la Beta del CAPM. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, *16*(2), 1–26. https://doi.org/10.21919/remef.v16i2.589

Urdaneta, A., Segarra, H., & Orellana, F. (2021). Comportamiento de los índices bursátiles de las economías mundiales en el marco de la pandemia de covid –19. *Dominio de La Ciencias*, *7*(1), 725–750. dx.doi.org/10.23857/dc.v7i1.1736

Valencia, J., & Gallego, G. (2014). Diseño de un portafolio de inversión de renta variable con instrumentos financieros colombianos bajo la metodología de cartera eficiente de Harry Markowitz. In *Universidad de Medellín*. https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/413/Diseño de un portafolio de inversión de renta variable con instrumentos financieros colombianos bajo la metodología de cartera eficiente de Harry Markowitz.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Portaf

Villaveces, M., & Rodríguez, P. (2015). El imaginario de la crisis: caricatura económica en Colombia en la época de la Gran Depresión. *Tiempo y Economía*, *2*(1), 89–110. https://doi.org/10.21789/24222704.1007

Youssef, M., Mokni, K., & Ajmi, A. N. (2021). Dynamic connectedness between stock markets in the presence of the COVID-19 pandemic: does economic policy uncertainty matter? *Financial Innovation*, *7*(1), 13. https://doi.org/10.1186/s40854-021-00227-3

Zhang, D., Hu, M., & Ji, Q. (2020a). Financial markets under the global pandemic of COVID-19. *Finance Research Letters*, *36*. https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101528

Zhang, D., Hu, M., & Ji, Q. (2020b). Financial markets under the global pandemic of COVID-19. *Finance Research Letters*, *36*, 101528. https://doi.org/10.1016/J.FRL.2020.101528

Zhang, N., Wang, A., Haq, N.-U.-, & Nosheen, S. (2022). The impact of COVID-19 shocks on the volatility of stock markets in technologically advanced countries. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, *35*(1), 2191–2216. https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1936112

Zhang, N., Wang, A., & Nosheen, S. (2021). *The impact of COVID-19 shocks on the volatility of stock markets in technologically advanced countries*. https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1936112

Anexos

Anexo 1. Prueba de Nyblom-Hansen para modelos TGARCH de BOVESPA, IGBVL, IPSA e IPC

Nyblom Parameter Stability Test
Null Hypothesis: Parameters are stable

Variable	Statistic	1% Crit.	5% Crit.	10% Crit.
C	0.223737	0.748	0.470	0.353
AR(1)	0.086386	0.748	0.470	0.353
AR(12)	0.316803	0.748	0.470	0.353
MA(12)	0.302351	0.748	0.470	0.353
C	0.688844	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2	0.671305	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2*(RESID(...	0.553738	0.748	0.470	0.353
GARCH(-1)	0.551011	0.748	0.470	0.353
DCOVID	0.033725	0.748	0.470	0.353
DIST-PARAM	0.627863	0.748	0.470	0.353
Joint	2.396721	3.050	2.540	2.290

*Critical values from Hansen 1990

BOVESPA

Nyblom Parameter Stability Test
Null Hypothesis: Parameters are stable

Variable	Statistic	1% Crit.	5% Crit.	10% Crit.
C	0.087111	0.748	0.470	0.353
AR(2)	0.095128	0.748	0.470	0.353
MA(4)	0.068353	0.748	0.470	0.353
C	0.365892	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2	0.136069	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2*(RESID(...	0.115945	0.748	0.470	0.353
GARCH(-1)	0.226265	0.748	0.470	0.353
DCOVID	0.016300	0.748	0.470	0.353
DIST-PARAM	0.029903	0.748	0.470	0.353
Joint	2.680312	2.820	2.320	2.100

*Critical values from Hansen 1990

IGBVL

Nyblom Parameter Stability Test
Null Hypothesis: Parameters are stable

Variable	Statistic	1% Crit.	5% Crit.	10% Crit.
C	0.051210	0.748	0.470	0.353
AR(15)	0.074991	0.748	0.470	0.353
MA(15)	0.080160	0.748	0.470	0.353
C	0.032976	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2	0.024968	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2*(RESID(...	0.027539	0.748	0.470	0.353
GARCH(-1)	0.058290	0.748	0.470	0.353
DCOVID	0.013587	0.748	0.470	0.353
DIST-PARAM	0.032125	0.748	0.470	0.353
Joint	0.946160	2.820	2.320	2.100

*Critical values from Hansen 1990

IPC

Nyblom Parameter Stability Test
Null Hypothesis: Parameters are stable

Variable	Statistic	1% Crit.	5% Crit.	10% Crit.
C	0.564775	0.748	0.470	0.353
AR(2)	0.112267	0.748	0.470	0.353
MA(2)	0.098198	0.748	0.470	0.353
C	0.475571	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2	0.170753	0.748	0.470	0.353
RESID(-1)^2*(RESID(...	0.107730	0.748	0.470	0.353
GARCH(-1)	0.293371	0.748	0.470	0.353
DCOVID	0.023996	0.748	0.470	0.353
DIST-PARAM	0.115725	0.748	0.470	0.353
Joint	2.776600	2.820	2.320	2.100

*Critical values from Hansen 1990

IPSA

Anexo 2. Prueba de raíz unitaria con quiebre estructural para los rendimientos de los índices MSCICOLCAP, BOVESPA, IPC, IGBVL e IPSA.

Unit root test results

Unit Root with Break Test on MSCICOLCAP

Null Hypothesis: MSCICOLCAP has a unit root
Trend Specification: Trend and intercept
Break Specification: Trend and intercept

Unit root test results

Unit Root with Break Test on IPSA

Null Hypothesis: IPSA has a unit root
Trend Specification: Trend and intercept
Break Specification: Trend and intercept
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/16/2020
Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic
Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion, maxlag=22)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-35.31194	< 0.01
Test critical values:	1% level	-5.719131	
	5% level	-5.175710	
	10% level	-4.893950	

*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Break Type: Innovational outlier

Break Date: 1/11/2018
Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic
Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion, maxlag=22)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-33.80957	< 0.01
Test critical values:	1% level	-5.719131	
	5% level	-5.175710	
	10% level	-4.893950	

*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Unit root test results

Unit Root with Break Test on BOVESPA

Null Hypothesis: BOVESPA has a unit root
Trend Specification: Trend and intercept
Break Specification: Trend and intercept
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/09/2020
Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic
Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion, maxlag=22)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-43.39242	< 0.01
Test critical values:	1% level	-5.719131	
	5% level	-5.175710	
	10% level	-4.893950	

*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Unit root test results

Unit Root with Break Test on IGBVL

Null Hypothesis: IGBVL has a unit root
Trend Specification: Trend and intercept
Break Specification: Trend and intercept
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 8/24/2021
Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic
Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion, maxlag=22)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-35.80797	< 0.01
Test critical values:	1% level	-5.719131	
	5% level	-5.175710	
	10% level	-4.893950	

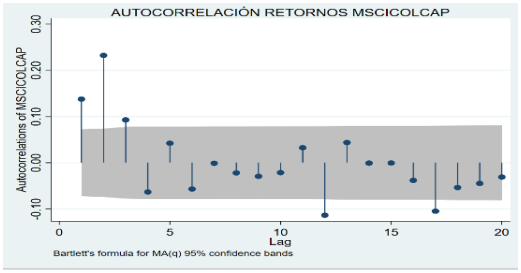
*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

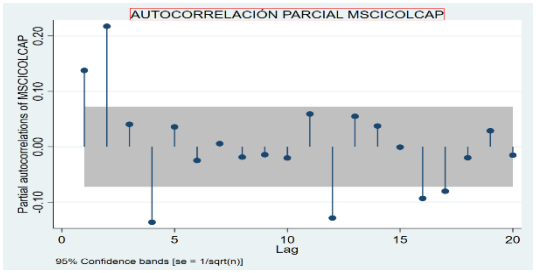
Anexo 3. Estadísticos básicos de índices bursátiles antes y durante COVID-19

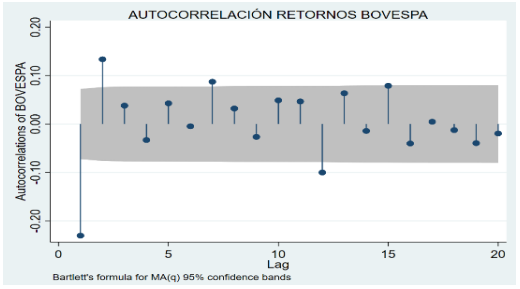
	PRE-COVID (2018-2019)					DURANTE COVID (2020-2022)				
Estadísticos	**MSCI COLCAP**	**BOVESPA**	**IGBVL**	**IPC**	**IPSA**	**MSCI COLCAP**	**BOVESPA**	**IGBVL**	**IPC**	**IPSA**
Media	0,0002	0,0008	0,0001	-0,0002	-0,0004	-0,0003	-0,0001	-0,0001	0,0001	0,0002
Desviación estándar	0,0080	0,0127	0,0066	0,0105	0,0089	0,0164	0,0189	0,0149	0,0117	0,0172
Mediana	0,0004	0,0005	0,0004	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mínimo	-0,0289	-0,0459	-0,0241	-0,0657	-0,0472	-0,1629	-0,1599	-0,1101	-0,0804	-0,1522
Varianza	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0004	0,0002	0,0001	0,0003
Máximo	0,0213	0,0447	0,0220	0,0350	0,0776	0,1247	0,1302	0,0541	0,0535	0,0925
Nobs	488	488	488	488	488	721	721	721	721	721
Asimetría	-0,4419	-0,1389	-0,3120	-0,7253	0,9862	-1,5023	-1,8764	-1,0230	-0,7716	-1,5605
Curtosis	0,9411	0,8101	0,8187	6,7592	13,6624	27,3268	20,1147	7,8950	7,0183	15,7979
Jarque-Bera	34,61434	15,44404	22,12669	983,0752	3913,161	14857,07	22377,29	12582,05	2643,308	7823,924
Valor P	0,0000	0,0004	0,00002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Dickey-Fuller	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

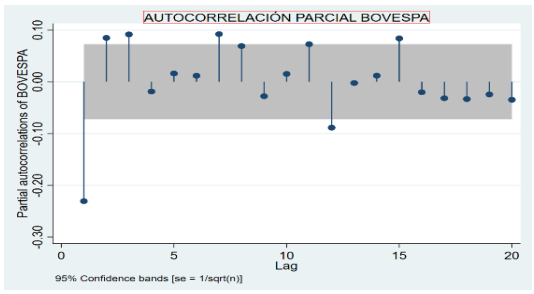
Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

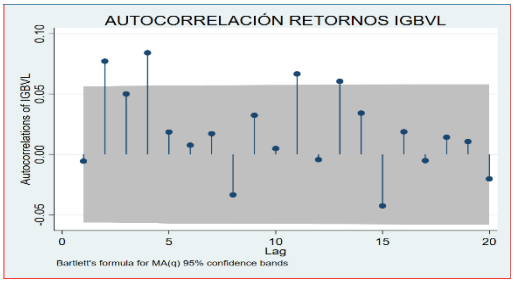
Anexo 4. Gráfico de Autocorrelación (AC) y Autocorrelación parcial (ACF) para índices bursátiles

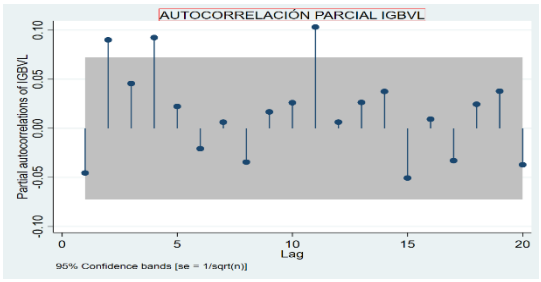


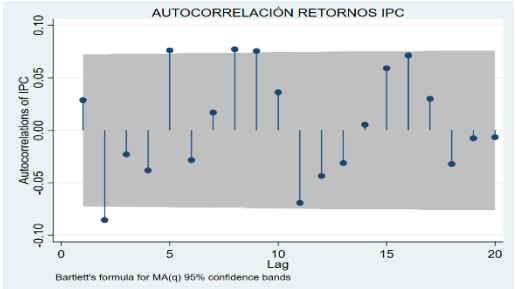


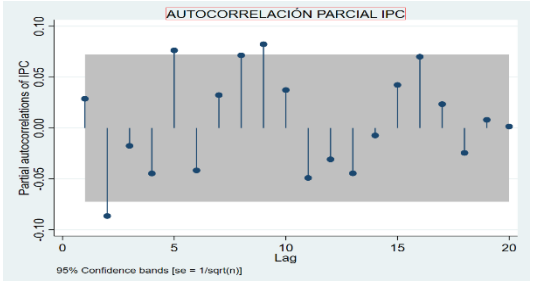


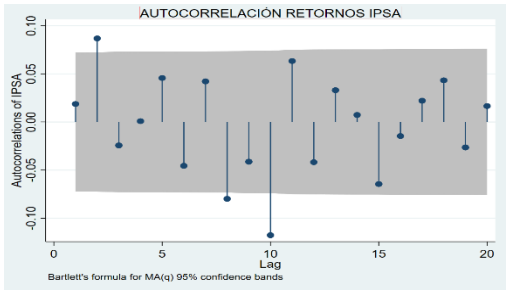


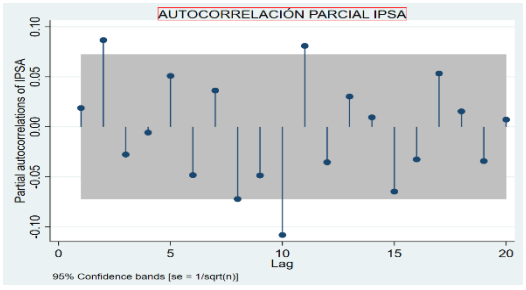












Anexo 5. Estimación modelos econométricos a partir de distribución normal (Gaussian)

Parámetros	Distr. Normal (Gaussian)							
	GARCH	**EGARCH**	**TGARCH**	**APARCH**	**IGARCH**	**GARCH-M**	**CGARCH**	**ACGARCH**
C	0.000177 (0.000311)	-0.000328 (0.000300)	-0.000182 (0.000311)	0.000187 (0.000311)	-0.000124 (0.000204)	0.001854 (0.002522)	0.000186 (0.000312)	0.000173 (0.000292)
AR(1)	-0.643753 (0.213866)***	-0.636700 (0.130352)***	-0.633012 (0.202803)***	-0.597977 (0.253259)**	0.005000 (0.576641)	0.005000 (0.698969)	-0.586641 (0.238014)**	0.027772 (0.078865)
AR(2)	0.116505 (0.034474)***	0.151571 (0.029737)***	0.121999 (0.034074)***	0.113798 (0.035563)***	0.005000 (0.006866)	0.005000 (0.009286)	0.118241 (0.036343)***	0.050451 (0.028291)*
MA(1)	0.744823 (0.214490)***	0.759537 (0.130941)***	0.741811 (0.203594)***	0.699980 (0.254155)***	0.005000 (0.576569)	0.005000 (0.700129)	0.692361 (0.239566)***	0.071064 (0.092260)
C	7.97E-06 (1.11E-06)***	-0.899937 (0.089368)***	8.01E-06 (1.06E-06)***	8.80E-07 (1.71E-06)			0.000123 (1.77E-05)**	8.51E-05 (7.39E-06)***
C(6)		0.247923 (0.022576)***		0.149978 (0.022661)***			0.942963 (0.011646)***	0.513319 (0.282117)*
C(7)		-0.127816 (0.016041)***		0.749420 (0.026151)***			0.161289 (0.016722)***	0.062323 (0.024680)**
C(8)		0.922670 (0.008907)***		1.96E-06 (3.26E-06)			9.77E-06 (3.23E-06)***	6.41E-05 (3.87E-05)**
C(9)				2.473552 (0.423229)***			0.067909 (0.019401)***	0.016425 (0.018013)
C(10)							-0.661939 (0.112165)***	0.115918 (0.021281)***
C(11)								0.865183 (0.025186)***
RESID(-1)^2	0.168394 (0.168394)***		0.039837 (0.017976)**		0.000186 (1.35E-05)***	0.000185 (1.62E-05)***		
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)			0.203516 (0.026570)***					
@SQRT(GARCH)						-0.159426 (0.276703)		
GARCH(-1)	0.763029 (0.017169)***		0.781943 (0.016558)***		0.999814 (1.35E-05)***	0.999815 (1.62E-05)***		
DCOVID	1.29E-05 (3.44E-06)***	0.086571 (0.015975)**	1.48E-05 (3.35E-06)***		0.000000 (1.17E-05)	0.000000 (1.18E-05)		
Test ARCH LM	0.86	0.29	**0.61**	0.92	0.0000	0.0001	0.70	0.88
Log likelihood	3819.695	3823.376	**3834.387**	3821.160	3182.348	3197.381	3824.682	3827.656
Jarque-Bera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Shapiro-Will	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Correlogram of Standardized Residuals	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
AIC	-6.326465	-6.330915	**-6.349190**	-6.327237	-5.271947	-5.295238	-6.331423	-6.334698
BIC	-6.292645	-6.292867	**-6.311141**	-6.289189	-5.246581	-5.265645	-6.289147	-6.288195
H-Q	-6.313728	-6.316586	**-6.334860**	-6.312907	-5.262394	-5.284093	-6.315501	-6.317184

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Continuación Anexo 5. Estimación modelos econométricos a partir de distribución GED

	Distr. GED							
Parámetros	**GARCH**	**EGARCH**	**TGARCH**	**APARCH**	**IGARCH**	**GARCH-M**	**CGARCH**	**ACGARCH**
	1.86E-05	5.33E-09	2.67E-05	5.21E-12	0.001854	0.001854	6.18E-05	0.000146
C	(0.000185)	(0.000146)	(0.000203)	(0.000116)	(0.010977)	(0.003739)	(0.000194)	(0.000199)
	0.009594	0.000435	0.000538	-0.000888	0.005000	0.005000	0.017477	0.024897
AR(1)	(2.048107)	(12.47631)	(0.344253)	(12.11217)	(7.052666)	(1.027393)	(4.144617)	(0.526703)
	0.001297	1.23E-06	0.004934	5.43E-10	0.005000	0.005000	0.004220	0.008849
AR(2)	(0.042043)	(0.017646)	(0.028826)	(0.013151)	(0.107662)	(0.018026)	(0.136355)	(0.012094)
	0.008056	-0.000322	0.048491	0.000888	0.005000	0.005000	0.014953	0.021369
MA(1)	(2.046966)	(12.47623)	(0.345393)	12.11212	(7.055879)	(1.027510)	(4.144883)	(0.526700)
	1.08E-05	-0.934339	9.91E-06	2.15E-05			0.000131	0.000107
C	(3.29E-06)***	(0.242363)***	(2.81E-06)***	(5.16E-05)			(3.83E-05)***	(1.84E-05)***
		0.255992		0.171523			0.991778	0.948138
C(6)		(0.053262)***		(0.044493)***			(0.007149)***	(0.019225)
		-0.084659		0.744483			0.010249	0.076437
C(7)		(0.032509)***		(0.057924)***			(0.012209)	(0.024958)
		0.918657		3.25E-05			0.160747	0.055539
C(8)		(0.024180)***		(6.45E-05)			(0.035631)*	(0.084198)
		0.094065		1.854757			0.743412	0.092274
C(9)		(0.040338)**		(0.533530)***			(0.0547969)***	(0.101849)
								0.076211
C(10)								(0.289473)
								0.178861
C(11)								(1.324047)
	0.166222		0.062148		0.150000	0.000185		
RESID(-1)^2	(0.039716)***		(0.038035)		(0.064827)**	(4.64E-05)***		
			0.167596					
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)			(0.057729)***					
						-0.159426		
@SQRT(GARCH)						(0.471743)		

GARCH(-1)	0.739058 (0.050099)***		0.757848 (0.044822)***		0.600000 (0.095405)***	0.999815 (4.64E-05)***		
DCOVID	1.81E-05 (9.57E-06)*	0.094065 (0.040338)**	1.85E-05 (8.52E-06)**		0.000000 (0.000102)	0.000000 (1.22E-05)		
GED PARAMETER	0.955203***	0.914385***	1.002203***	0.924826***	2.000000***	2.000000***	0.977070***	0.986733***
Test ARCH LM	0.84	0.44	**0.73**	0.78	0.0000	0.0005	0.67	0.74
Correlogram of Standardized Residuals	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Jarque-Bera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Shapiro-Will	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Log likelihood	3.899,017	3886,646	**3903,274**	3899,012	3182,348	3298,218	3896,698	3892,480
AIC	-6.456460	-6.456058	**-6.461.866**	-6.454792	-5.270287	-5.457624	-6.450952	-6.442291
BIC	-6.418412	-6.413782	**-6.419.590**	-6.412517	-5.240694	-5.415348	-6.408676	-6.395788
H-Q	-6.442130	-6.440136	**-6.445.945**	-6.438871	-5.259142	-5.441702	-6.435030	-6.424777

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg

Anexo 6. Estimación del modelo VARX-GARCH (1,1)

Vector Autoregression Estimates

Vector Autoregression Estimates
Date: 10/18/22 Time: 16:06
Sample (adjusted): 1/17/2018 8/19/2022
Included observations: 1197 after adjustments
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

	VOLT_MSCO	SHOCK
VOLT_MSCOLC(-1)	0.636837	-498.2001
	(0.02866)	(162.099)
	[22.2232]	[-3.07344]
VOLT_MSCOLC(-2)	0.380251	284.3174
	(0.03398)	(192.189)
	[11.1918]	[1.47936]
VOLT_MSCOLC(-3)	-0.233309	173.6903
	(0.03559)	(201.302)
	[-6.55605]	[0.86283]
VOLT_MSCOLC(-4)	0.014195	-196.2512
	(0.03520)	(199.100)
	[0.40330]	[-0.98569]
VOLT_MSCOLC(-5)	0.292828	467.4482
	(0.03521)	(199.176)
	[8.31638]	[2.34691]
VOLT_MSCOLC(-6)	0.108906	-27.91095
	(0.03565)	(201.642)
	[3.05514]	[-0.13842]
VOLT_MSCOLC(-7)	-0.146087	-68.20121
	(0.03388)	(191.656)
	[-4.31171]	[-0.35585]
VOLT_MSCOLC(-8)	-0.171666	-131.7695
	(0.02852)	(161.349)
	[-6.01834]	[-0.81667]
SHOCK(-1)	-2.53E-05	0.050523
	(5.1E-06)	(0.02910)
	[-4.92639]	[1.73643]
SHOCK(-2)	-5.58E-06	-0.004724
	(5.2E-06)	(0.02937)
	[-1.07451]	[-0.16083]
SHOCK(-3)	-5.59E-06	0.006956
	(5.2E-06)	(0.02931)
	[-1.07965]	[0.23731]
SHOCK(-4)	-5.32E-06	0.009418
	(5.2E-06)	(0.02931)
	[-1.02612]	[0.32132]
SHOCK(-5)	-8.97E-07	0.028673
	(5.2E-06)	(0.02932)
	[-0.17309]	[0.97806]
SHOCK(-6)	-1.55E-05	0.032671
	(5.2E-06)	(0.02926)
	[-3.00083]	[1.11647]
SHOCK(-7)	-7.71E-07	-0.031309
	(5.2E-06)	(0.02938)
	[-0.14838]	[-1.06564]
SHOCK(-8)	-5.83E-06	0.027842
	(5.2E-06)	(0.02933)
	[-1.12421]	[0.94936]
C	1.02E-05	-0.041779
	(5.5E-06)	(0.03121)
	[1.85235]	[-1.33852]
DCOVID	5.30E-05	0.039088
	(1.4E-05)	(0.07972)
	[3.76181]	[0.49034]
R-squared	0.871257	0.020710
Adj. R-squared	0.869400	0.006589
Sum sq. resids	3.33E-05	1063.927
S.E. equation	0.000168	0.949946
F-statistic	469.3393	1.466642
Log likelihood	8714.846	-1627.935
Akaike AIC	-14.53107	2.750101
Schwarz SC	-14.45457	2.826606
Mean dependent	0.000183	-0.038936
S.D. dependent	0.000465	0.953092

Determinant resid covariance (dof adj.)	2.54E-08
Determinant resid covariance	2.47E-08
Log likelihood	7087.059
Akaike information criterion	-11.78122
Schwarz criterion	-11.62821
Number of coefficients	36

Fuente: Elaboración propia con base en el registro histórico de precios de índices bursátiles reportados en Bloomberg