



**Análisis y Consecuencias de la Volatilidad de la
TRM y el COLCAP en el Mercado Financiero
Colombiano entre 2019 y 2020**

Por

Alicia Alejandra Ruiz Dorado

Alejandra.ruiz10@hotmail.com

Juliana Mosquera Oviedo

Juli_movi@hotmail.com

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Magíster en
Administración Financiera

Asesor

Mag. Fredy Pérez

UNIVERSIDAD EAFIT

Medellín, Mayo 2021

Resumen

Los constantes y diversos cambios en la volatilidad hacen que sea importante contar con instrumentos de pronóstico adecuados, para de una u otra manera, anticipar su comportamiento y así administrar el riesgo cambiario. La Tasa Representativa del Mercado (TRM) es una tasa promedio que mide el valor pagado en pesos por unidad de moneda americana, la volatilidad mide la variabilidad o dispersión en la rentabilidad de un activo; teniendo en cuenta que la volatilidad de la tasa de cambio puede afectar altamente el sector real y financiero, en esta investigación se realizó un estudio que analiza y mide las consecuencias de la volatilidad de la TRM y el COLCAP en el mercado financiero colombiano, entre 2019 y 2020, utilizando modelos de la familia ARCH y GARCH para la estimación de un mejor pronóstico.

Palabras claves: Volatilidad, Riesgo cambiario, Tasa Representativa del Mercado (TRM), COLCAP.

Abstract

The constant and diverse changes in volatility make it important to have adequate forecasting instruments to in one way or another anticipate its behavior and thus manage exchange risk. The Market Representative Rate (TRM) is an average rate that measures the value paid in pesos per unit of American currency, volatility measures the variability or dispersion in the profitability of an asset; taking into account that the volatility of the exchange rate can highly affect the real and financial sector; In this research, a study was carried out that analyzes and measures the consequences of the volatility of the TRM and the COLCAP in the Colombian financial market between 2019 and 2020 using ARCH and GARCH family models to estimate a better forecast.

Key words: Volatility, Currency risk, TRM, COLCAP.

Contenido

Introducción	5
1. Objetivos.....	7
1.1 Objetivo general	7
1.2 Objetivos específicos.....	7
2. Marco teórico	8
2.1 Tasa representativa del mercado	8
2.2 Índice de COLCAP	10
2.2.1 Cómo funciona el COLCAP	11
2.2.2 Cálculo del COLCAP	12
2.2.3 Factores determinantes en el índice COLCAP	13
2.2.4 Impacto del COVID-19 en el índice COLCAP	14
2.3 Volatilidad.....	15
2.3.1 Características de la volatilidad.....	16
2.3.2 Tipos de volatilidad	16
2.3.3 Factores que influyen en la volatilidad	17
2.4 Modelos que miden la volatilidad.....	19
2.4.1 Modelo GARCH	19
2.4.2 Antecedentes modelo GARCH.....	19
3. Metodología	22
4. Resultados.....	25
5. Conclusiones y recomendaciones.....	32
Referencias	37

Lista de gráficos

Gráfico 1. TRM histórica	9
Gráfico 2. TRM 250 datos	9
Gráfico 3. COLCAP histórico.....	11
Gráfico 4. COLCAP 250 datos	11
Gráfico 5. Impacto COVID-19	14
Gráfico 6. Retornos TRM y COLCAP	26
Gráfico 7. Autocorrelogramas de la serie TRM y COLCAP	27
Gráfico 8. Residual de ARIMA con media distinta de cero	28
Gráfico 9. Residual al cuadrado.....	29
Gráfico 10. Forecast	31

Lista de tablas

Tabla 1. Augmented Dickey-Fuller test statistic.....	26
Tabla 2. Rezagos de la prueba de efectos ARCH.....	29
Tabla 3. Comparación de los resultados con los modelos	30

Introducción

Actualmente la economía ha sufrido cambios no esperados en las proyecciones realizadas, pero aun con esto, el dólar es la moneda referente a nivel mundial que afecta a todos los sectores, empresas y gobiernos; la volatilidad generada por los cambios ha permitido la creación de estrategias, modelos y herramientas que permitan facilitar e interpretar mejores decisiones en temas económicos, financieros y de inversión, buscando optimizar el riesgo en las operaciones realizadas.

En el contexto económico, la incertidumbre de las decisiones del mercado financiero está siendo cada vez más alta, es decir, los agentes se enfrentan a un riesgo mayor; este riesgo se asocia al concepto de volatilidad, el cual se define como una medida de dispersión del precio del activo subyacente. Hoy en día los mercados financieros están más relacionados con la globalización, en un mundo donde las nuevas tecnologías y el aumento en las fluctuaciones cambiarias están presentes.

En cuanto a los mercados financieros, se busca optimizar los riesgos y aumentar los beneficios, por ello los modelos tratan de predeterminar las variables que pueden afectar las ganancias. La volatilidad es una de estas variables y por su complejidad se han diseñado distintas herramientas para una mejor comprensión de su evolución dentro de las variables financieras, considerando el riesgo y la incertidumbre de su proceder.

En Colombia el mercado financiero ha tenido una gran evolución, pero aun así, no se puede comparar con mercados más desarrollados; la volatilidad en la tasa representativa del mercado ha generado cierta preocupación, debido a los efectos e impactos de esta variable, afectando al sector real, financiero y al flujo de inversiones que se realizan en el país.

Antes del 6 de marzo de 2020 la TRM oscilaba entre 3.000 a 3.500 pesos, superando esta barrera el 20 de marzo, al alcanzar un valor de 4.153 pesos con las noticias referentes a la pandemia y, con la incertidumbre que esto generaba, el mercado

comenzó a prepararse a futuro. El COLCAP, por su parte, fue el índice del mercado accionario en Latinoamérica que más cayó por los efectos derivados de la pandemia, pero fue uno de los que más rápido crecimiento tuvo, como un indicio de alta volatilidad. Dadas estas características en la TRM y el COLCAP, dichas variables se tuvieron en cuenta para este estudio.

El documento se estructura en cuatro capítulos: en el primer capítulo se encuentra el marco teórico en el que se analiza la Tasa Representativa del Mercado (TRM) y el COLCAP, precios, rentabilidad y volatilidad histórica, y se explican los modelos. En el segundo capítulo, se determina la metodología; en el tercer capítulo se analizan cuáles fueron los resultados basados en análisis comparativo de los modelos y, finalmente, en el cuarto capítulo, se presentan las conclusiones y reflexiones sobre el comportamiento y la volatilidad en la Tasa Representativa del Mercado (TRM) y el COLCAP, de acuerdo a los resultados que arrojaron los modelos expuestos, logrando así de esta manera, identificar qué modelo mide mejor la volatilidad y los pronósticos de las series.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Analizar la volatilidad en el mercado financiero colombiano en la Tasa Representativa del Mercado (TRM) y COLCAP, aplicando metodología de pronósticos.

1.2 Objetivos Específicos

- Describir las características de las series de tiempo TRM y COLCAP durante los periodos de tiempo analizados.
- Modelar la volatilidad de la Tasa Representativa del Mercado y el COLCAP en Colombia.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos al modelar la volatilidad en los modelos expuestos.

2. Marco Teórico

Dados los cambios en el mercado financiero y su volatilidad, es necesario crear herramientas para pronosticar y valorar los activos, puesto que estos son influenciados por factores que, de una u otra forma, afectan el precio de un activo, influyendo en las estrategias para tomar mejores decisiones.

A continuación, se desarrollan los fundamentos teóricos utilizados para el desarrollo de esta investigación, que cuenta con tres enfoques: conceptos, teorías y factores que influyen en la tasa representativa del mercado, índice COLCAP, y volatilidad y modelos que permiten medir la misma.

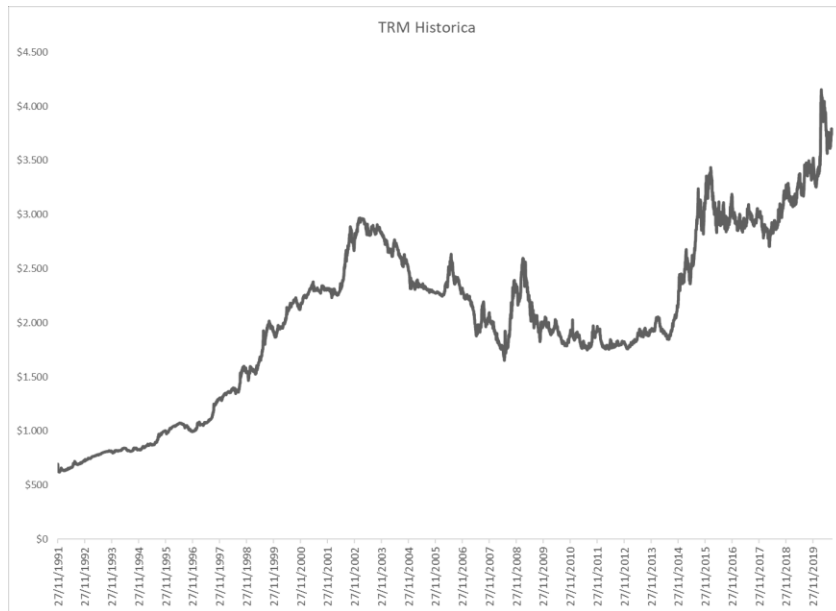
2.1 Tasa Representativa del Mercado

La tasa de cambio representativa del mercado (TRM) es la cantidad de pesos colombianos por un dólar de los Estados Unidos. La TRM se calcula con base en las operaciones de compra y venta de divisas entre intermediarios financieros, que transan en el mercado cambiario colombiano, con cumplimiento el mismo día cuando se realiza la negociación de las divisas (Banco de la República, 2020).

Según Ramírez y Maya (2009), “la Tasa Representativa del Mercado (TRM) es el indicador oficial de la tasa de cambio del peso colombiano por un dólar de los Estados Unidos y se calcula como el promedio aritmético de las tasas promedios ponderadas de compra y venta de divisas de las operaciones interbancarias y de transferencias de los intermediarios del mercado cambiario” (p. 15).

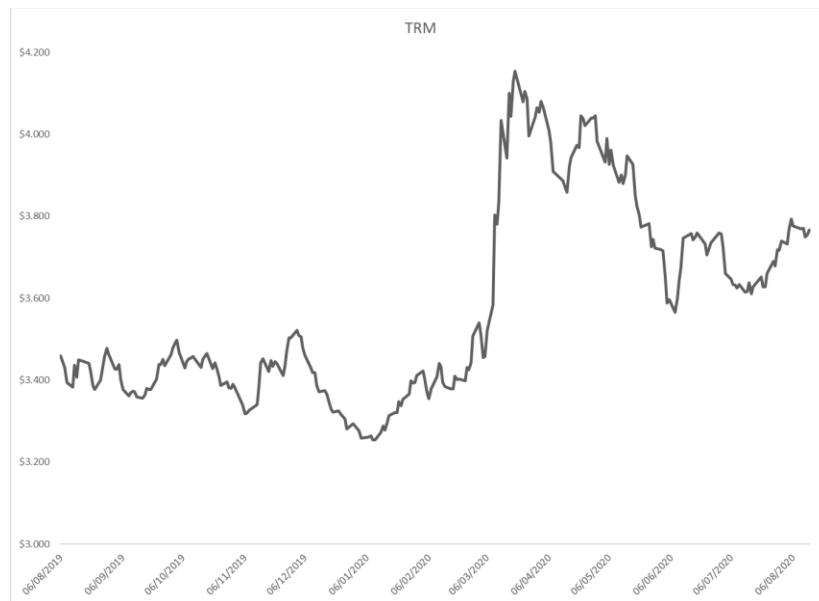
La tasa de cambio en Colombia al ser un activo con alta volatilidad se presta para el aprovechamiento en diferenciales de precios para generar rentabilidad, sin embargo, cuando se pretende tener esta ganancia y especular en el mercado, el agente económico puede verse inmerso en diferentes riesgos, algunos inherentes a las características particulares del activo y otros por los riesgos que ya presenta el mercado o el sector financiero (Rivera, 2019, p. 8).

Gráfico 1. TRM histórica



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Gráfico 2. TRM 250 datos



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Factores que Influyen en la TRM

Desde mediados del año 2014 hasta el primer trimestre del año 2015, el precio del petróleo se redujo más de un 60%, y la tasa de cambio tuvo un comportamiento

inverso, que pudo ser causado por la participación tan alta de las exportaciones de minería (Álvarez & Zapata, 2020, p. 38). Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, existen muchos factores que resultan ser determinantes y que, de una u otra manera, afectan el comportamiento de la tasa representativa del mercado; como primer escenario se encuentran casos como los conflictos por la explotación de petróleo entre Siria y Estados Unidos y el conflicto entre Estados Unidos y China, por querer ser la primera potencia mundial económica.

La pandemia que abarca el mundo, COVID 19, ha sido un factor determinante en la economía global. Esta ha generado cierres de fronteras, aislamientos y, bajo una serie de protocolos, la disminución en las actividades de importación y exportación, lo que ha generado una estabilización de la TRM en su precio, que para Colombia resulta ser demasiado elevada si se requiere realizar actividades comerciales.

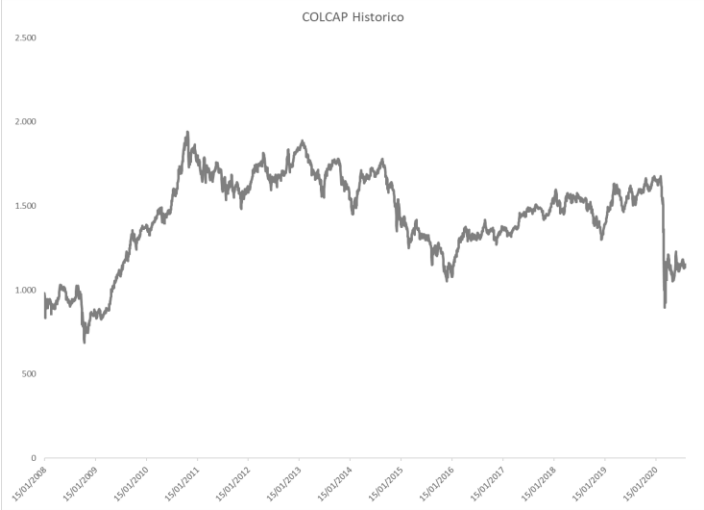
Estos conflictos desencadenaron en un alza elevada y constante en la Tasa Representativa del Mercado colombiana, de la cual aún no hay recuperación, afectando directamente los 40 procesos directos dentro de las actividades de la balanza comercial; por el lado de importaciones, debido a su gran participación dentro del mercado internacional en materia de importaciones y, a su vez, la poca participación en el mercado internacional dentro del ámbito de las exportaciones, genera un déficit demasiado alto en la balanza comercial, dentro de la cual la TRM influye en el papel más importante, al ser tasa de intermediación en los negocios internacionales. (Álvarez & Zapata, 2020, pp. 39-40)

2.2 Índice de COLCAP

El COLCAP es un índice de capitalización que refleja las variaciones de los precios de las acciones más líquidas de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), donde la participación de cada acción en el índice está determinada por el correspondiente valor de la capitalización bursátil ajustada (flotante de la compañía, multiplicado por

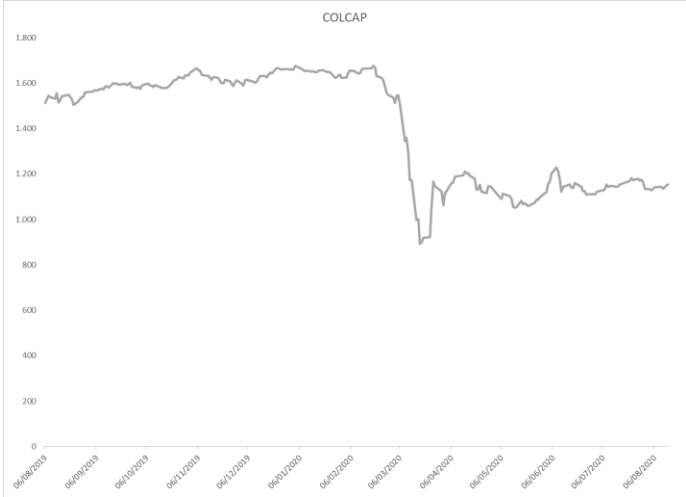
el último precio). La canasta del índice COLCAP estará compuesta por mínimo 20 acciones de 20 emisores diferentes (Banco de la República, 2020).

Gráfico 3. COLCAP histórico



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Gráfico 4. COLCAP 250 datos



Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.2.1 Cómo Funciona el COLCAP

El índice COLCAP está compuesto por 20 acciones de 20 emisoras diferentes, y cada una de ellas tiene una participación máxima del 20% en la canasta, ya que, si algún emisor excediese este límite, su participación será ajustada

al 20% y el excedente se repartirá proporcionalmente entre los demás emisores de la canasta. Las acciones que componen el índice se seleccionan el último día hábil del mes de octubre y permanecen en el COLCAP durante un año.

En esta selección también se calcula la ponderación que tendrá cada acción dentro del índice para el siguiente trimestre. En los meses de enero, abril y julio de cada año, se lleva a cabo el rebalanceo del índice, esta actividad consiste en calcular la participación ponderación de cada acción dentro de la canasta de acciones que conforma el COLCAP. (Páez, Peña y Moreno, 2020, pp. 17-18)

2.2.2 Cálculo del COLCAP

El COLCAP se calcula como la sumatoria del precio (P) de cada acción, multiplicada por su ponderación (W) dentro de la canasta del índice (I). Esta sumatoria se multiplica a su vez por un factor de enlace (E). Este factor de enlace se utiliza para dar continuidad al índice, cada vez que se presenta una recomposición, rebalanceo del índice o cuando se presentan eventos corporativos que generan variaciones importantes en el mismo (Páez et al., 2020, p. 20).

$$(1) \quad I(t) = E \sum_{i=1}^n W_i P_i(t)$$

Donde, $I(t)$ = Valor del índice en el instante t .

E = Factor de enlace mediante el cual se da continuidad al índice cuando se presente un rebalanceo o recomposición de la canasta o en caso de darse eventos corporativos que lleven a variaciones en el índice.

t = Instante en el cual se calcula el valor del índice.

$i = 1, 2, \dots, n$ acciones que componen el índice.

n = Número de acciones en el índice en el instante t .

W_i = Ponderador de la acción i en el instante t .

P_i = Precio de la acción i en el instante t .

2.2.3 Factores Determinantes en el Índice COLCAP

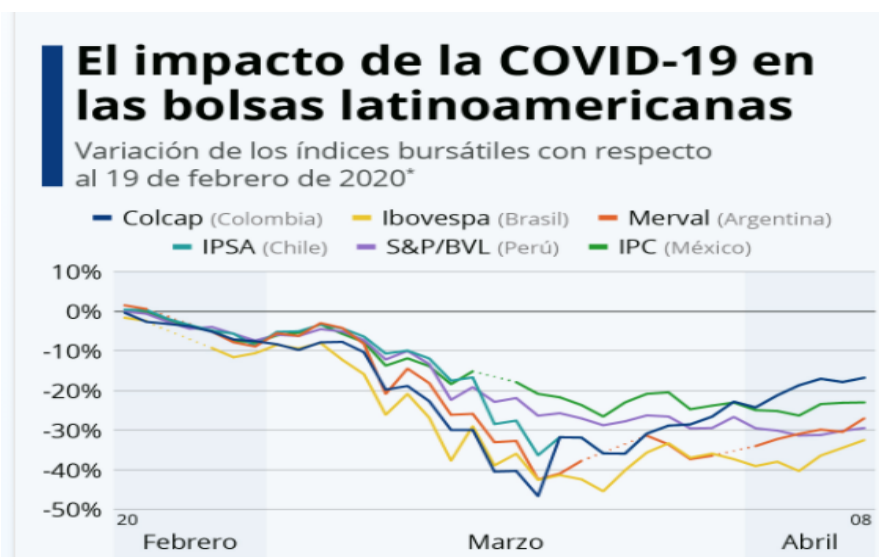
La TRM es uno de los determinantes del flujo de bienes, servicios y capitales a la entrada a Colombia con respecto al resto del mundo; es uno de los factores que observa el comportamiento del mercado bursátil (índice COLCAP), ya que este siempre se ha vinculado con el crecimiento de la economía de un país y, por lo tanto, con el índice COLCAP como un reflejo y medida de la situación económica colombiana.

Para el año 2015 en Colombia se llega al alza histórica del precio del dólar, el día 27 de agosto del mismo año el dólar se encontraba cotizado en el mercado en \$3.238. La tasa de cambio puede aumentar o disminuir los precios de un producto, las materias primas importadas pueden variar y el precio de los productos de los competidores puede cambiar en el mercado doméstico, pero el alza del dólar siempre se ha relacionado con un factor principal, la baja de los precios del petróleo, y la del mismo año es motivada por Estados Unidos y su técnica del “fracking”. La depreciación del peso colombiano con respecto al dólar y sumado a otros factores externos que Colombia se encontraba viviendo para el momento, tuvo como consecuencia un aumento inflacionario en el país, logrando que el Banco de la República aumentara 0,25% la tasa de interés y, por supuesto, movimientos bruscos en el mercado bursátil, llevando al desplome más fuerte del precio del índice. (Páez et al., 2020, p. 43)

De igual forma, la Tasa Representativa del Mercado (TRM) influye en la variabilidad del índice accionario anteriormente mencionado; para Pedrozo (2015), los cambios en el poder adquisitivo en pesos colombianos causados por la TRM (depreciación y apreciación) de algunas empresas nacionales inversoras en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), son: reducción del margen de liquidez, desaceleración económica de los sectores que forman parte del COLCAP, reducción de la fuerza laboral de la empresa, endeudamiento de las empresas, desconfianza del inversionistas, por mencionar algunos, y en un caso contrario, aumento, optimización y crecimiento de las variables descritas previamente (citado por Quebrada, 2018, p. 8).

2.2.4 Impacto del COVID-19 en el Índice COLCAP

Gráfico 5. Impacto COVID-19



Fuente: Pascuali (abril 9 de 2020)

El índice general de la Bolsa de Valores de Colombia, conocido como COLCAP, ha sufrido una de las mayores caídas, con una pérdida de casi la mitad de su valor (47%) el 18 de marzo de 2020, con respecto al valor de cierre del 19 de febrero. A la vez, este índice es el que ha logrado recuperarse más rápidamente de todos los mostrados en este gráfico de Statista, mejorando hasta un negativo del 17% el 8 de abril.

La propagación de este virus ha ocasionado una disminución en las perspectivas de crecimiento económico mundial, debido a la velocidad de contagio del mismo y a la relevancia que China como epicentro del mismo, tiene como potencia mundial, impactando el suministro de bienes de consumo y la demanda de materias primas, así como los demás países de economías desarrolladas o emergentes, que se han visto afectadas, entre las cuales se encuentran Estados Unidos, Italia, España, Alemania, Francia, Irán, entre otras, y en nuestra región, economías como Brasil, México, Chile y Colombia (Sura, 2020, p. 2).

El impacto de la pandemia en la economía colombiana ha sido devastadora. El principal índice bursátil de Colombia COLCAP perdió un 45% de su valor accionario, afectando así la economía del país.

En lo que respecta al comercio exterior, las exportaciones entre enero y marzo de 2020 registraron una disminución de 8,7% frente al mismo periodo de 2019. De ese modo, se pasó de vender us\$9.594 millones a us\$8.756 millones en el primer trimestre de este año. Esta situación se dio principalmente por la caída de las exportaciones de crudo, lo que fue un coletazo internacional. Solo el renglón de combustibles cayó 15,2% en el primer trimestre de 2020, lo que pesó 8,4 puntos porcentuales en la variación total. Esto, además, se reflejó en la disminución de la actividad de taladros petroleros, pues en marzo disminuyó y llegó al 32%. Las importaciones, por su parte, cayeron 5,3%, siendo las manufacturas las que más pesaron negativamente en la variación, pues cayeron 7,2% y contribuyeron -5,5% a la estadística (Páez et al., 2020, p. 47).

2.3 Volatilidad

La volatilidad es una de las variables más complejas para la comprensión de la mente humana, dada su importancia en la toma de decisiones, no solo en los mercados financieros, sino también en nuestra realidad; de acuerdo con Danielsson (2011), la volatilidad es la medida de la incertidumbre del mercado, definida como la desviación estándar de los retornos (citado por Rivera, 2019, p.18).

El término volatilidad tiene gran importancia para cualquier agente económico relacionado con los mercados financieros. Para la mayoría de los agentes económicos, la volatilidad es sinónimo de riesgo, sin embargo para los operadores financieros, este término adquiere diferentes significados según sea el papel que desempeña en el mercado (TURBE, 2019, p. 26).

2.3.1 Características de la Volatilidad

La volatilidad tiene una serie de características, entre las que se destacan:

- **Persistencia:** si la volatilidad ha sido alta durante un periodo, tenderá a seguir siéndolo en el siguiente periodo, así como si es baja durante un periodo, tendrá propensión a seguir baja durante el siguiente periodo.
- **Clusters:** tiene una gran relación con la característica anterior, ya que los Clusters o conglomerados de volatilidad, son agrupaciones de alta o baja volatilidad. Es decir, los días de alta o baja volatilidad tenderán a aglomerarse, por lo que habrá periodos de alta volatilidad que alternen con periodos de baja volatilidad.
- **Asimetría:** cuando la volatilidad baja, el mercado sube y viceversa, por tanto, su relación es asimétrica o inversa. Además, también existe asimetría respecto a cómo le afecta la información o noticias de los mercados financieros.
- **Reversión a la media:** esta característica indica que cuando la volatilidad es muy alta o baja, en un momento determinado, tenderá a disminuir o aumentar para aproximarse a su media. (Capitán, 2019, pp. 13-14)

2.3.2 Tipos de Volatilidad

Entre las clases de volatilidad figuran la histórica, la implícita y la volatilidad futura.

- **Volatilidad Histórica**

Es la que muestra los movimientos en el activo, que se produjeron en el pasado. Por tanto, dependerá del periodo escogido y del intervalo de precios elegido para determinar la volatilidad. Aunque no será igual la volatilidad si

escogemos el precio de cierre que el de apertura, generalmente existe una alta correlación entre ellas.

- **Volatilidad Implícita**

Es el porcentaje de volatilidad que incorpora el precio de una opción en el mercado, siendo conocidos o estables el resto de los factores que influyen en esta. Por tanto, la relación de la volatilidad implícita se produce realmente con el contrato de opción, más que con el activo subyacente, ya que el precio de las opciones refleja expectativas sobre la volatilidad del activo subyacente sobre un periodo cierto de tiempo. Su cálculo se realiza a partir de las primas de las opciones negociadas en el mercado, despejando de las fórmulas de valoración de opciones (Black-Scholes) la volatilidad implícita.

- **Volatilidad Futura**

Esta volatilidad es incierta, puesto que como su nombre indica, se producirá en el futuro, sin embargo, podemos tratar de preverla con base en la volatilidad histórica y la implícita. En la práctica se suele calcular mediante una reversión a la media de la volatilidad o comparando la volatilidad implícita e histórica, por medio de los conos de volatilidad. (Capitán, 2019, p. 15)

2.3.3 Factores que Influyen en la Volatilidad

Existen factores que influyen en la volatilidad, pero diferentes autores coinciden en que uno de los factores más influyentes es la información; tanto es así, que se puede considerar la volatilidad de un mercado determinado como la manifestación de la información en dicho mercado (Martínez, 2019, p. 23). La información puede ser de diferentes tipos:

- **Información Económico-Financiera**

Un factor muy aceptado es la influencia de los mercados, que promueve el intercambio en masa de activos complejos y fomenta la especulación. Una

parte considerable de la atención se ha situado en la negociación de contratos derivados de *commodities*, cuyas transacciones con frecuencia alcanzan una proporción varias veces mayor a la producción física del bien al que representan.

- **Información Política**

En muchas ocasiones, los gobiernos han llevado a cabo políticas monetarias imprudentes y no han regulado de manera adecuada los mercados. No obstante, son numerosos factores los que pueden influir en la volatilidad de un producto, y esto es lo que la convierte en un factor tan difícil de determinar. Dentro de este contexto, la búsqueda constante del mejor resultado posible y el máximo beneficio respecto al capital invertido, supuso una caída en la aversión al riesgo, que incrementó bruscamente la volatilidad.

- **Información de Fenómenos Naturales**

Mucha de esta información, como podemos observar, es prácticamente impredecible, y esto provoca que la volatilidad también lo sea. De igual manera, Rossi (2013) diferencia los dos sujetos que principalmente influyen en la volatilidad: por un lado, los operadores, que en función de las estrategias de trading y la psicología de los operadores, son muy sensibles al flujo de noticias, y esto les lleva a actuar muy rápidamente y en masa ante cualquier señal, causando por ello un movimiento en los precios (Anillo, 2019). Por otro lado, también tienen cierta importancia los propios mercados y las reglas establecidas en los mismos, los cuales fomentan el intercambio en masa de activos complejos e incitan a la especulación. (Citados por Capitán, 2019, p. 14)

2.4 Modelos que Miden la Volatilidad

2.4.1 Modelo GARCH

Los orígenes de este tipo de modelos se remontan a los artículos de Robert Engle, que propone una formulación que es capaz de modelar la heterocedasticidad observada en las series de tiempo financieras. La posibilidad de entregar una previsión de la varianza condicional de este tipo de series se da porque la condicionalidad implicaba introducir en un modelo la información precedente en los mercados financieros y, por consiguiente, reflejar la conducta de los agentes de estos mercados, como la formación de expectativas en cuanto a los precios, lo cual trajo como consecuencia un enorme desarrollo para este tipo de formulaciones.

Este modelo es muy complejo, ya que no se garantiza que la matriz de covarianza condicional estimada sea definida positiva y, por otra parte, su implementación computacional no está exenta de dificultades, ya que la cantidad de parámetros a estimar es enorme, incrementándose los costos; en este sentido, se han hecho esfuerzos para desarrollar formas más parsimoniosas en el esquema multivariado, y que también garanticen que la matriz de covarianza condicional estimada sea definida positiva, surgiendo interesantes formulaciones auxiliadas por modelos de tipo financiero, que contemplan el uso de modelos GARCH univariados para determinar la matriz de covarianza condicional. (Gálvez, 2020, p. 41)

2.4.2 Antecedentes Modelo GARCH

Puesto que la volatilidad del tipo de cambio es una variable no observable, la economía y las finanzas se han apoyado en el desarrollo de herramientas estadísticas para estudiar su evolución y dinámica en los mercados financieros. Los modelos más comúnmente aplicados para estimar la volatilidad del tipo de cambio son el modelo autorregresivo condicional

heterocedástico (ARCH), introducido por Engle (1982), y los modelos generalizados (GARCH), desarrollados independientemente por Bollerslev (1986) y Taylor (1986).

Además, una de las desventajas del modelo GARCH es que responde por igual a las perturbaciones asimétricas y no puede hacer frente a series de tiempo significativamente sesgadas. Otro problema que se encuentra cuando se usa esta clase de modelos, es que no siempre abarcan completamente las colas pesadas de las series de tiempo financieras de frecuencia alta.

En tanto, Nelson (1991) propuso el modelo GARCH exponencial (EGARCH), para capturar los efectos de apalancamiento en las series financieras. Posteriormente, surgieron otros modelos para probar el impacto asimétrico de las series financieras, en el pronóstico de la volatilidad más desarrollada sobre estos. (Engle, 1982; Bollersley, 1986; Nelson, 1991, citados por Reyes, 2019, p. 41)

En los últimos años, se han realizado diversos estudios sobre los modelos de volatilidad y de los modelos GARCH, como el descrito por Engle (2001), donde señala los usos de dichos modelos en econometría aplicada. También Engle (1982), utilizando modelos GARCH, estima la volatilidad de la inflación del Reino Unido.

Por su parte, Robert Pindyck (2001) mide la volatilidad del gas natural y el petróleo con GARCH, utilizando como variable de control el precio de la acción de ENRON, para estudiar si el colapso de la empresa en 2001 tuvo un impacto en el riesgo de los *commodities*.

Los modelos GARCH permiten realizar una estimación futura de volatilidad, llegando a una volatilidad de largo plazo. Además, gracias a los criterios utilizados por Carol Alexander (2008), se puede ver qué tan persistente a la volatilidad, o qué tan sensible es a shocks de corto plazo, o cuánto se demorará una serie en particular

en alcanzar su volatilidad de largo plazo en un modelo GARCH (Engle, 2001; Pindyck, 2001; Alexander, 2008, citados por Paz, 2014, p. 31).

Comúnmente los modelos propuestos plantean supuestos sobre la volatilidad, algunos por simplicidad deciden asumir un comportamiento constante en esta variable, tal como el conocido modelo de valoración de opciones de Black and Scholes.

Sierra (2012) define diferentes métodos para el cálculo de la volatilidad, algunos de estos son: la estimación paramétrica, la histórica con promedio móvil, utilizando series de tiempo (ARMA, GARCH), con procesos estocásticos y la volatilidad implícita.

Asimismo, se creó el modelo GARCH, una generalización del modelo anterior, estos modelos son pertenecientes a la categoría de volatilidad condicional y tienen como fundamento el uso de una ponderación óptima de los retornos históricos para pronosticar la volatilidad (Danielsson, 2011, citado por Rivera, 2019, p. 36).

Hsieh (1989) sostiene que en la familia de los modelos ARCH/GARCH no hay uno que se pueda considerar como el modelo general, para pronosticar los diferentes tipos de cambio. Sin embargo, es conveniente señalar que en particular el uso del modelo GARCH (1,1) se justifica, porque cuenta con ventajas específicas para pronosticar la volatilidad cambiaria; entre las principales se tiene que: i) permite especificaciones más parsimoniosas que el modelo ARCH, evitando la sobreparametrización de la especificación y, con ello, facilitando el mantenimiento del modelo; ii) entre los modelos de la familia ARCH/GARCH es la especificación más común, razón por la cual sus propiedades son ya conocidas; y iii) se ajusta muy bien a los datos de variables financieras, principalmente cuando las observaciones son de alta frecuencia (Hsieh, 1989, citado por Ortiz-Arango, 2012, p. 42).

3. Metodología

La investigación se realiza bajo un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo, como una herramienta que ayuda a identificar, analizar y describir las variables macroeconómicas, financieras y correlacionales (Santos, 2010), para analizar la volatilidad en el mercado financiero colombiano, respecto a las variables tasa representativa del mercado (TRM) e índice de mercado COLCAP en el periodo 6 de agosto 2019 a 14 de agosto del 2020, tomando como fundamento la volatilidad de los indicadores mencionados, para así identificar comportamientos, tendencias y rentabilidad de estos; así, se tomó una muestra de 250 datos para cada una de las variables a trabajar.

De acuerdo con lo anterior, y debido a que la volatilidad no se puede determinar o identificar directamente en el activo financiero, se debe utilizar una medida proxy de esta (Danielsson, 2011); para el caso de este trabajo, se considera la volatilidad bajo tres medidas: modelo ARIMA, ARCH y GARCH.

Para aplicar los modelos de series de tiempo descritos, inicialmente se estiman los retornos de los precios de las variables TRM y COLCAP, que está dado por:

$$R_{i,t} = \ln\left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}}\right) \quad (2)$$

Donde R_{it} es el rendimiento de la empresa i de la muestra en el mes t , que se estima a través del logaritmo natural entre el precio de la acción i en el periodo t y $t - 1$. También analiza si $R_{i,t}$ satisface las condiciones mínimas de estacionariedad y de diferencia de las series, para posteriormente estimar los modelos de volatilidad.

De dichos retornos, se evalúa la estabilidad de los retornos de los activos analizados, ya que pueden o no comportarse de forma estacional, debido a la oferta y a la demanda en momentos de mercado distintos (Zivot & Wang, 2007); es por

esto que se realiza una prueba de raíz unitaria, a través del Test de Dickey Fuller Aumentado (ADF), con el fin de determinar la estacionariedad de las series financieras objeto de estudio, y se evalúa la hipótesis nula de que la serie tiene raíz unitaria, es decir, no es estacionaria, pues de lo contrario, la serie sería estacionaria.

Posterior a la estimación de retornos y pruebas de las series de tiempos, se estima inicialmente el modelo ARMA, que combina los procesos autorregresivos de media móvil AR (p) y MA (q) (Taylor, 1986), se construye el retorno de los activos (TRM, COLCAP) a partir de la raíz de la varianza de los residuos de los modelos AR y MA, multiplicada por el número de días que se estimaron en el esquema de estudio de evento de cada acción.

Ahora bien, si se supone que los errores de la ecuación 1 siguen un proceso autorregresivo de media móvil ARMA (p, q) (Ruey, 2005), entonces, está constituido por la suma de un proceso autorregresivo AR (p) y un proceso de media móvil MA (q):

$$Y_{it} = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \epsilon_{t-j} + \epsilon_t \quad (3)$$

Donde ϵ_t es un proceso de ruido blanco en el tiempo t con media y varianza cero σ^2 , los componentes AR son la contribución de los valores previos de Y_{it} en los p tiempos anteriores, y los componentes MA son la contribución del ruido blanco hasta q periodos en el pasado. Además, bajo ciertas condiciones de los parámetros ϕ_i y θ_j , ARMA presenta que los procesos son estacionarios, es decir, su media y varianza son constantes en el tiempo (Taylor, 1986; Ruiz & Veiga, 2008).

Como se mencionó anteriormente, el segundo modelo planteado para capturar la volatilidad fue el ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), donde la volatilidad se encuentra relacionada con el valor de las variaciones o fluctuaciones

observadas en la serie de tiempo analizada en n número de rezagos (p), ayudando no solo a capturar los rendimientos, sino la volatilidad y predicción (Danielsson, 2011). Dicho modelo está dado por Sheppard (2019):

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^{L_1} a_i \epsilon_{t-i}^2 \quad (4)$$

$$\epsilon_t = \sigma_t e_t \quad e_t \sim N(0,1)$$

Donde ϵ_t es el valor de las variaciones o fluctuaciones observadas en la serie de tiempo, o conocidas como perturbaciones o innovaciones de tiempo t , σ_t^2 es la varianza condicional y L_1 es el número de rezagos del modelo y, finalmente, ω es el parámetro de volatilidad.

Posterior a la estimación del modelo ARIMA y ARCH, para evaluación de la volatilidad en las variables TRM y COLCAP, se estima un modelo adicional GARCH (Generalized autoregressive model of conditional heteroscedasticity) (Nelson, 1991).

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{p=1}^p \alpha_p \epsilon_{t-p}^2 + \sum_{q=1}^q \beta_q \sigma_{t-q}^2 \quad (5)$$

$$\epsilon_t = \sigma_t e_t \quad e_t \sim N(0,1)$$

Donde, σ_t^2 es la varianza condicional que va a depender de los parámetros de rezago p y q , que al definir el ruido blanco ϵ_t , con una varianza condicional como un ARMA (p, q), se obtiene un modelo GARCH.

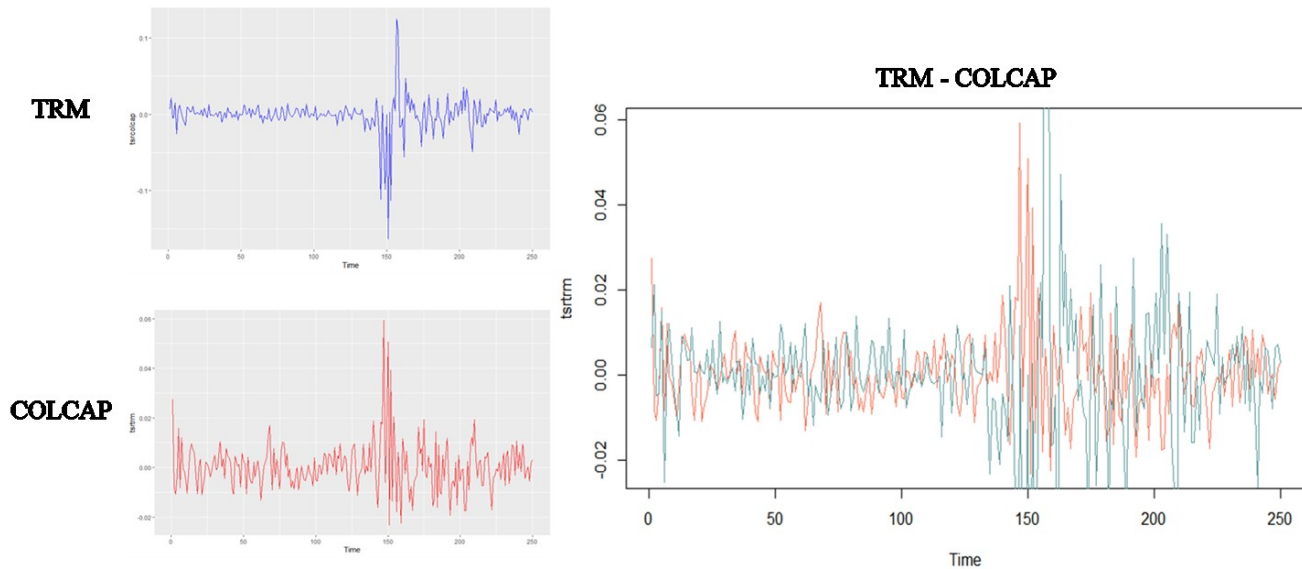
4. Resultados

En esta sección se presenta un análisis descriptivo de la serie de la TRM y COLCAP, retornos y resultados de una metodología para el ajuste y selección de los modelos, y los resultados de los modelos ARMA, ARCH, GARCH, EGARCH, IGARCH ajustados a la serie de datos analizados.

En el gráfico 6 se ilustra la evolución de los retornos de las series de tiempo, por cada una de las variables analizadas en la investigación; en general, estas tienen un comportamiento homogéneo entre el 6 de agosto de 2019 y el 14 de agosto de 2020, sin embargo, en el periodo comprendido entre marzo y abril de 2020, se identifican cambios significativos en la serie de datos, esto debido a condiciones económicas y de mercado, que se derivan principalmente de la crisis del mercado petrolero y el coronavirus. Se presentó alta volatilidad en los últimos días de febrero y parte del mes de marzo de 2020, esto en respuesta a la guerra de precios entre Arabia y Rusia, que llevaron al desplome del precio del barril del petróleo, lo cual condujo al aumento significativo de devaluación de las monedas con respecto al dólar, caso que se vio reflejado en la TRM Colombia, presentando alzas con picos alrededor del mes de marzo. Lo anterior también afectó los mercados financieros, llevando al desplome del valor de los índices, y el índice COLCAP no fue ajeno a esto, presentando caídas fuertes en sus precios, afectado además por las medidas que han tomado los gobiernos del mundo para evitar la expansión del COVID-19.

Sin embargo, en la medida que los países, y también Colombia, han empezado a incorporar y tener protocolos de bioseguridad y retomar actividades económicas paulatinas, después de los cierres debido al COVID-19 (además de la intervención del Banco Central a través de la política monetaria y fiscal para evitar el colapso de la economía), el mercado bursátil medido en el COLCAP empezó a presentar una recuperación y un desempeño en el índice positivo, sobre todo, en los últimos días. Igualmente, la devaluación de la moneda se fue estabilizando, volviendo a presentar tendencias similares a las mostradas previas a la pandemia.

Gráfico 6. Retornos TRM y COLCAP



Fuente: Elaboración propia con base en R Studio V 4.0.0

Por otro lado, se evaluó la estabilidad de los precios de los activos de los mercados mencionados, por medio de una prueba de raíz unitaria, a través del Test de Dickey Fuller Aumentado (ADF) (ver tabla 1), en el cual en promedio, las series que se analizaron tienen un P-valor cercano a cero, lo que indica que las series no tienen raíz unitaria, es decir, es estacionaria, lo que muestra que no hay que diferenciar las series de la muestra para hacer pronósticos; además, la distribución y sus parámetros no varían con el tiempo, indicando que la media y la varianza no cambian con el tiempo, y tampoco siguen una tendencia.

Tabla 1. Augmented Dickey-Fuller test statistic

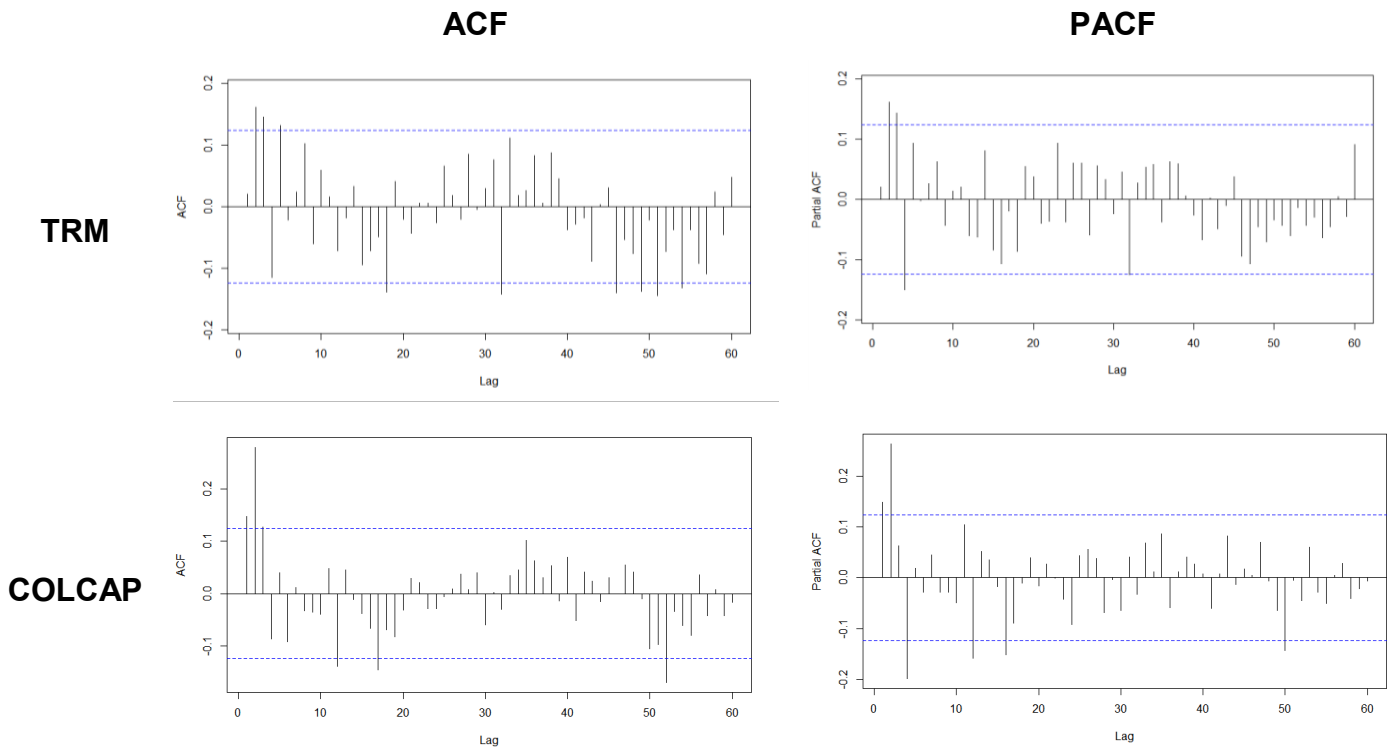
Estadístico	TRM	COLCAP
t-Statistic	-3,2796	-3,2669
Prob, *	0,0028	0,0021

Fuente: Elaboración propia con base en R Studio V 4.0.0

Posterior a la evaluación de los retornos y pruebas de las series de tiempos, se estiman los autocorrelogramas de TRM y COLCAP en el gráfico 7, donde se sugiere

que la primera variable podría ser un proceso $AR(2)$ y $MA(3)$, ya que PACF y ACF presentan caídas bruscas después de los rezagos 1, 2 y 3, y después de estos rezagos, las autocorrelaciones parecen no ser significativamente diferentes a 0. En el caso de la segunda variable COLCAP, es un proceso $AR(4)$ y $MA(2)$.

Gráfico 7. Autocorrelogramas de la serie TRM y COLCAP



Fuente: Elaboración propia con base en R Studio V 4.0.0

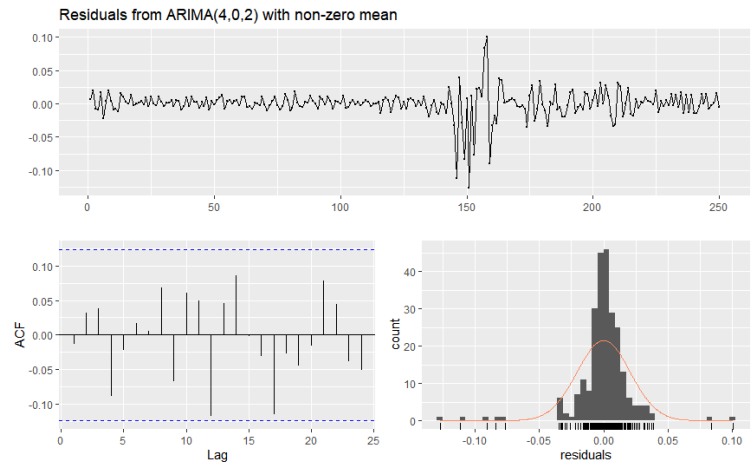
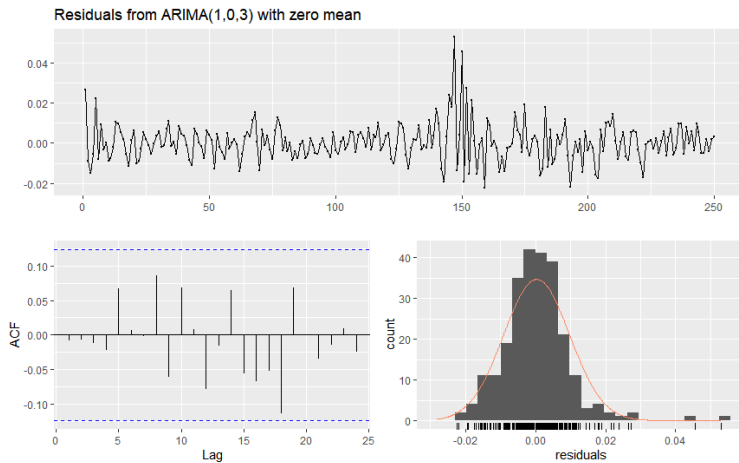
Dichos procesos se corroboraron a través de la estimación del modelo, a partir de estos parámetros y autoARIMA, para ver su significancia y evaluar si se cumplía criterios Ljung-Box test. Al hacer la estimación del modelo bajo los parámetros identificados gráficamente, no son significativos, pues al realizar este proceso por autoARIMA para la TRM, es un $ARIMA(1,0,3)$ y para el COLCAP $ARIMA(0,0,3)$; sin embargo, este último no cumple con los criterios Ljung-Box test, por esto se estima nuevamente el $ARIMA$ bajo la interpretación del gráfico ACF-PACF, testeando un $ARIMA(4,0,2)$, que mejora el p-value. En el gráfico 7 se muestran los resultados de

evaluación de los dos modelos bajo ARIMA seleccionados, que cumplen las condiciones para los residuos (condición ruido blanco).

Gráfico 8. Residual de ARIMA con media distinta de cero

TRM

COLCAP



Ljung-Box test

Ljung-Box test

$Q^* = 5.4969$, $df = 6$, $p\text{-value} = 0.4818$

$Q^* = 6.3003$, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.09788$

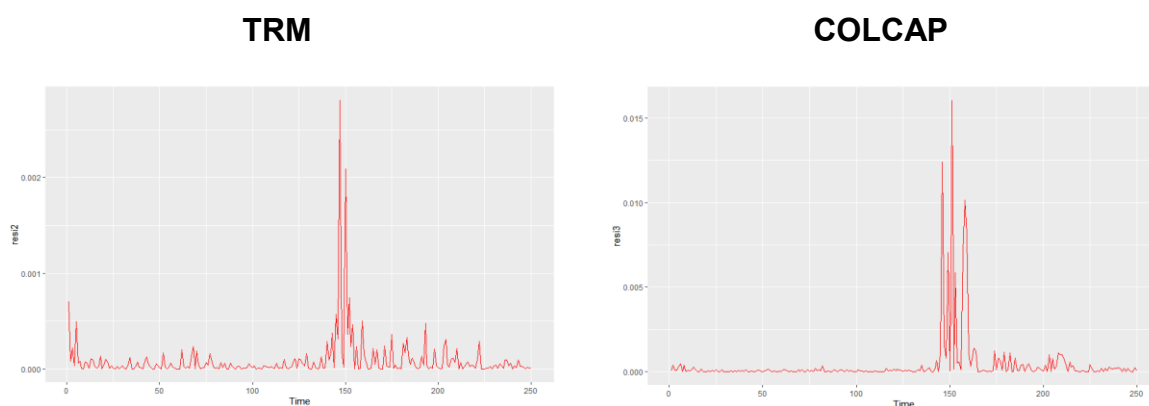
Fuente: Elaboración propia con base en R Studio V 4.0.0

En el gráfico 8 se evaluó que los parámetros de los ARIMAS identificados gráficamente bajo ACF-PACF y auto ARIMA, cumplan con el test de Ljung-Box y las condiciones para los residuos (condición ruido blanco); para la variable TRM de los ARIMAS testeados, el único que cumple el test de Ljung-Box es el (1,0,3), en tanto cumple las condiciones para los residuos (condición ruido blanco); en el caso del COLCAP de los ARIMAS testeados, el único que cumple los parámetros evaluados es el (4.0.2). Lo anterior en vía a que, al realizar la prueba, el p-valor del TRM es de 0.4818 y de 0.09788 para el COLCAP, esto quiere decir que es mayor a 0.05, lo que nos dice que los residuales al cuadrado del ARIMA no son homocedásticos, por lo cual se puede continuar con la estimación de los demás modelos y pronósticos, bajo

estos parámetros identificados.

Como se mencionó en la metodología, el segundo modelo planteado para capturar la volatilidad de las variables analizadas fue el ARCH; para realizar esta prueba, se trabajó con los residuales del modelo ARIMA escogido, al cuadrado, lo cual se presenta en el gráfico 9, donde se visualiza que en la época de pandemia y por los problemas del petróleo, se proyectan mayores valores de volatilidad.

Gráfico 9. Residual al cuadrado



Fuente: Elaboración propia con base en R Studio V 4.0.0

Posterior a realizar la evaluación gráfica de estos residuos a través de PACF, se identifica ruido blanco en ambas series, por esto se realiza test de efectos ARCH, con el fin de identificar si los residuales al cuadrado son homocedásticos, y a partir de qué rezago del modelo se presentan efectos ARCH (ver tabla 2).

Tabla 2. Rezagos de la prueba de efectos ARCH

Rezago	1	2	3
TRM p-Value	0.8853	0.6973	2.143e-09
COLCAP p- Value	0.1306	0.001849	0.005546

Fuente: Elaboración propia con base en R Studio V 4.0.0

Podemos ver que el p-value de la prueba para TRM de 1 y 2 rezagos es 0.8853 y 0.6973, respectivamente, con este valor rechazamos que existan efectos ARCH, entonces no existe varianza heterocedástica cuando analizamos los datos con uno y dos retardos, pero con 3 rezagos el p-valor es menor al 0.05, indicando que existen efectos ARCH. Para el caso de la variable COLCAP, el p-valor es significativo a partir del rezago 2.

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos de los modelos analizados para volatilidad de TRM y COLCAP, indicando los resultados de los estadísticos principales, para seleccionar el o los mejores modelos mediante los índices AIC y BIC. En la siguiente tabla (ver tabla 3), se identifican los modelos estimados que mejor se ajustaron a las dos series analizadas en el trabajo.

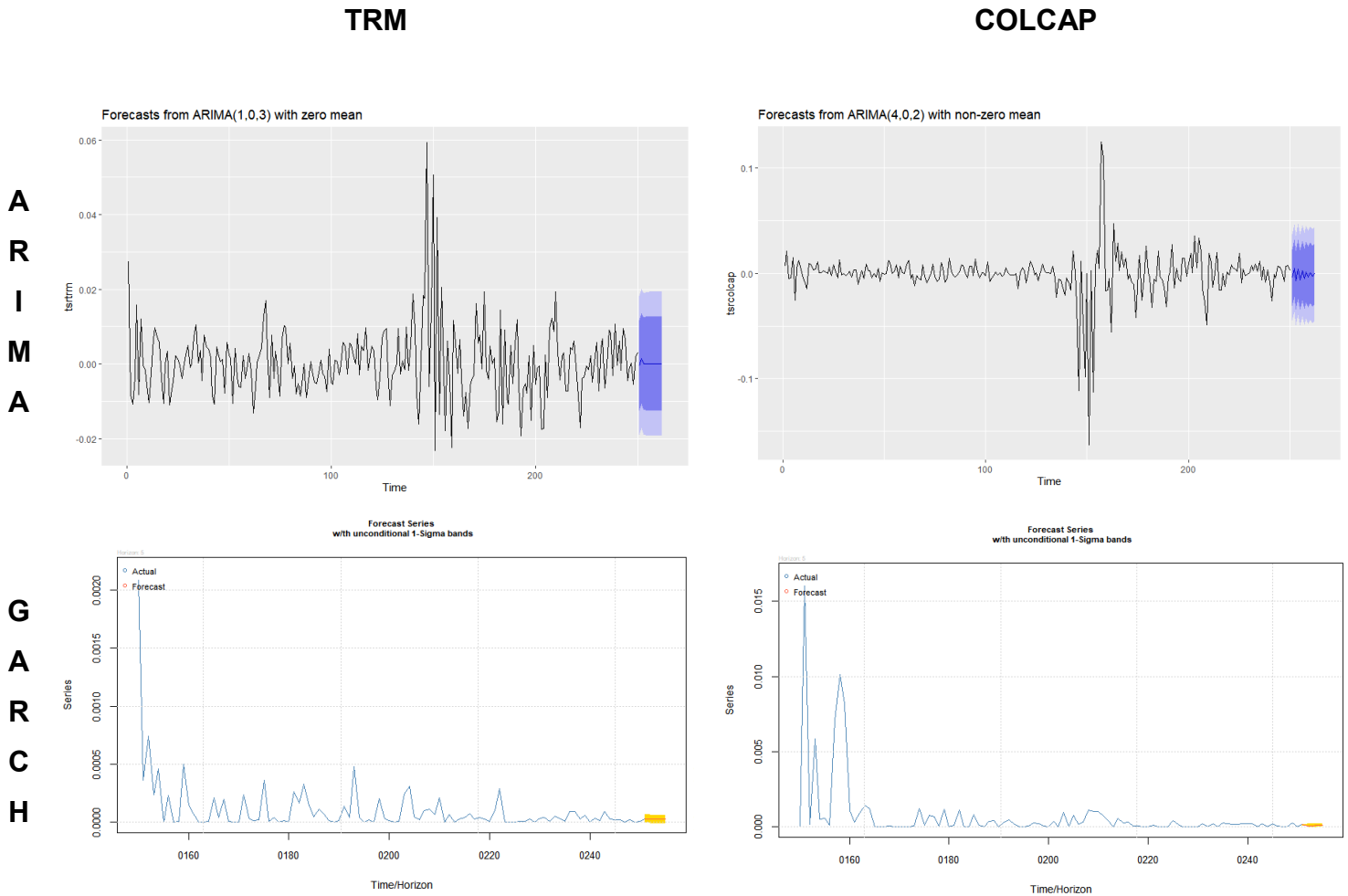
Tabla 3. Comparación de los resultados con los modelos

Variable	Modelo	Tipo	AIC	BIC
<u>TRM</u>	<i>AUTOARIMA</i>	<i>(1,0,3)</i>	-1612,75	-1595,14
	<i>ARCH</i>	3	-14,037	-13,938
	<i>GARCH</i>	<i>(1,0,3)</i>	-14,377	-14,264
	<i>EGARCH</i>	<i>(1,0,3)</i>	-6.7600	-6.7259
	<i>EGARCH</i>	<i>(1,0,3)</i>	-6.6923	-6.7175
	<i>AUTOARIMA</i>	<i>(0,0,3)</i>	-1212,08	-1197,99
<u>COLCAP</u>	<i>ARIMA</i>	<i>(4,0,2)</i>	-1213,83	-1185,66
	<i>ARCH</i>	2	-13,096	-12,051
	<i>GARCH</i>	<i>(4,0,2)</i>	-13,136	-13,955
	<i>EGARCH</i>	<i>(4,0,2)</i>	-5.8837	-5.9510
	<i>IGARCH</i>	<i>(4,0,2)</i>	-5.8976	-5.9397

Fuente: Elaboración propia con base en R Studio V 4.0.0

Luego de identificar el mejor modelo, de acuerdo con los valores más bajos de BIC y AIC, se generaron pronósticos para estas variables.

Gráfico 10. Forecast



Fuente: Elaboración propia con base en R Studio V 4.0.0

Según la ilustración anterior, a partir de la línea pintada en azul, se marca el momento a partir del cual se presentan los resultados de los pronósticos de los datos de la muestra para los 250 días proyectados. Se puede evidenciar una tendencia a que se estabilicen los indicadores TRM y COLCAP en las últimas observaciones de ambas series de tiempo, tanto por el modelo GARCH como ARIMA, comportamiento que va en vía a lo sucedido en los últimos meses, donde a partir de las restricciones y políticas implementadas para control del COVID-19, se busca estabilizar la economía e indicadores.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Las diferentes metodologías para la medición de la volatilidad del COLCAP y TRM en Colombia, en el periodo del 6 de agosto de 2019 al 14 de agosto de 2020, se convierten en una herramienta para los inversionistas de este mercado, ya que esto les permite evaluar la exposición al riesgo y volatilidad que están teniendo al invertir su capital en el mercado colombiano, tanto al ver la exposición a la tasa de cambio como la volatilidad del índice de mercado, además de la óptima toma de decisiones, ya que al comparar volatilidad y retornos bajo diferentes modelos, da un acercamiento a la metodología más significativa para la evaluación de estas series.

En este sentido, la investigación realizada va a servir de referente para brindar los elementos que permitan comprender que en el análisis se presentó un (1) periodo de alta volatilidad en Colombia, que está relacionado con el evento crítico a escala global de la pandemia del COVID-19, donde las medidas políticas, económicas y financieras que tomaron los diferentes gobiernos del mundo para evitar la expansión del COVID-19, afectaron igualmente el mercado colombiano, pues por las medidas tomadas, rápidamente se vieron los cambios a nivel de tasa de cambio como indicador de mercado COLCAP, el cual empezó a presentar recuperación y estabilización de sus valores o precios.

Durante el año 2020 los activos financieros presentaron una alta volatilidad debido a la incertidumbre asociada por el Covid-19. Luego que la pandemia obligara al mundo a tomar medidas de aislamiento, la economía global y con ella los mercados financieros presentaron un rápido deterioro evidentes en el enrojecimiento repentino de variables macroeconómicas como la caída en los precios del petróleo y el carbón, sectores como el comercio y el turismo que sintieron los efectos de la rápida expansión del brote, la suspensión temporal de las cadenas de producción y el abastecimiento ha impactado de una u otra forma la evolución de los índices bursátiles; dejando una existente incertidumbre sobre la senda de recuperación de la economía en el corto y mediano plazo. La economía colombiana tuvo un menor

rendimiento del consumo, mayor déficit, deterioro de las calificaciones de riesgo pasando de estable a negativa según la calificadora Standard and Poor, y aumento en el desempleo.

De acuerdo con lo anterior, ante la situación dada por la pandemia, el mundo económico sintió los efectos que se reflejaron inmediatamente en los mercados financieros locales y globales, manifestándose en la caída de las cotizaciones de las diferentes acciones de las empresas y, por ende, los índices bursátiles proyectaron el sentir de los agentes económicos. Así, al analizar el comportamiento del mercado bursátil, se evidenció el efecto financiero por el virus COVID-19, una vez la Organización Mundial de la Salud declarara la calamidad pública, al considerar la propagación acelerada y generalizada como una pandemia.

El mes de marzo fue clave, dado que en este comenzó el aumento de la propagación del virus en los países de Latinoamérica y, especialmente, en Colombia. De igual forma, inició el descenso en las cotizaciones de los índices bursátiles de la región y del mundo, esta caída en algunos países varió entre valores superiores mayores al 30%, pero menores al 50%, lo cual se siguió intensificando en los días siguientes a la declaratoria de la emergencia por la Organización Mundial de la Salud. Así la variación presentada en los índices bursátiles y en diferentes series macroeconómicas, fueron la iniciativa para realizar este trabajo en Colombia, en tanto se pretendió analizar el impacto de la volatilidad de estas series en diferentes actividades económicas, financieras, laborales y empresariales.

Uno de los temas claves a nivel mundial fue la caída del precio del petróleo, que como consecuencia en detener la propagación del virus los países se vieron obligados a cerrar sus fronteras, lo que generó que la demanda del crudo disminuyera y con ello los precios internacionales. Cerradas las fronteras el consumo y la demanda caen por la parálisis del sector transporte, este representa el 70% del consumo del petróleo.

Otro de los puntos clave para el año 2020 fue la guerra de precios generada entre Rusia y Arabia Saudita, para marzo estas dos potencias generaron una importante caída en el precio del petróleo, derivado del anuncio por parte de Arabia Saudita en aumentar la producción del crudo y venderlo con un descuento a clientes en Europa, Asia y Estados Unidos.

A principios del año el precio del petróleo ya había bajado un 30% y tras el anuncio cayó en esa misma proporción, aunque después tuvo una recuperación paulatina. Con la caída del precio internacional países como Colombia que son exportadores del crudo han sufrido implicaciones en su ciclo económico ocasionando cambios en las tasas de interés y lo vulnerable que se vuelven los precios de los commodities.

A pesar de estos acontecimientos como resultado principal, se encontró que la TRM y el COLCAP se recuperaron rápidamente, dado los efectos de la pandemia, y que los diferentes modelos realizados capturaron de manera adecuada la volatilidad de estas variables en este mercado accionario, superando de forma estadística a modelos como el EGARCH y el IGARCH, al comparar los criterios AIC y BIC, ya que en estos modelos los valores son menores. Entonces se puede evidenciar una tendencia a la estabilización de los indicadores TRM y COLCAP en las últimas observaciones de ambas series de tiempo, tanto por el modelo GARCH como ARIMA, comportamiento que va en vía a lo sucedido recientemente, donde a partir de las restricciones y políticas implementadas para control del COVID-19, se ha podido estabilizar la economía e indicadores en los últimos meses. Este hallazgo ayuda a los inversionistas a tomar decisiones, teniendo en cuenta que nuevamente las series volvieron a estabilizarse y la relación riesgo y retorno volvió a ser estable.

Aunque el precio del petróleo disminuyó, el precio de la divisa (dólar) tuvo un máximo histórico para Colombia, lo que genera que se reciba menos pago por una misma venta, ocasionando que haya menos dólares en el país y que se reciban menos ingresos para el Gobierno.

Dada la situación con Arabia Saudita y Rusia, frente a la disminución del precio del petróleo, se crea una expectativa que entraran menos dólares al país por lo que hace que la divisa aumente, temiendo que pueda escasear y por ende su precio tiene que subir.

En cuanto a la Tasa Representativa del Mercado (TRM) tuvo una alta volatilidad que llevo a precios del dólar a un máximo de \$4.153 el 20 de marzo de 2020, para el cierre de dicho año (\$3.432) el dólar obtuvo una ganancia de \$155 respecto a diciembre 21 de 2019 (\$3.277). La incertidumbre creció debido a la pandemia que empezaba a expandirse por Europa y Latinoamérica. Para Colombia el 2020 fue uno de los años más volátiles con efecto en el mercado colombiano, registros que no se tenían desde el periodo 2014 a 2016 cuando la caída del precio del petróleo desestabilizo la divisa. La reactivación económica solo ha sido posible mediante la creación y aplicación de la vacuna, el levantamiento progresivo de la cuarentena, dando la posibilidad de reactivar sectores, recuperando empleos y la demanda del consumo.

Es pertinente hacer un estudio a futuro con más activos financieros en Colombia y buscar la incidencia de estas variables en cada uno de ellos, para poder llegar a conclusiones generales sobre las variables macroeconómicas aquí estudiadas, y permitirse hacer inferencias acerca de ellas. Además, se pretende continuar con modelos econométricos más sofisticados, para el análisis de volatilidad en este mercado accionario, adicionando otras variables que puedan afectar de alguna forma a los activos financieros en el país, esto, con el fin de disminuir la incertidumbre de los inversionistas, ante los diferentes cambios de los fundamentales económicos.

Aunque se cuenta con diversos mecanismos para el pronostico del precio de la divisa y en general para determinar precios en el mercado financiero, el Gobierno debería, buscar otras fuentes de financiación e ingreso para el sector publico que busque reducir el impacto de la volatilidad y el riesgo de la TRM y los commodities,

realizar esta implementación a través de la identificación de nuevos canales y negocios.

Finalmente, se concluye que la investigación contribuye empíricamente a la literatura sobre diferentes modelos de cálculo de volatilidad de variables como el COLCAP y TRM, mostrando cómo la significancia varía dependiendo de la metodología usada, además de demostrar que, ante los cambios en los retornos por situaciones de mercado, sociales o económicas, se generan incertidumbres político-económicas y con frecuentes cambios en la volatilidad de los activos. Se sugiere para futuros estudios evaluar otros mercados emergentes y otras variables macroeconómicas, que permitan evaluar correlaciones entre indicadores, además de ampliar el estudio en las composiciones de índices bursátiles o ETF, y no solo evaluar las volatilidades de activos en el mercado colombiano, sino también si existe alguna relación entre dicha volatilidad y los indicadores financieros.

Referencias

- Álvarez Mesa, Yiseth & Zapata Múnera, Sebastián (2020). *Análisis el impacto de la evolución de la TRM en la economía*. Obtenido de <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/755/La%20TRM.pdf?sequence=1>
- Banco de la República (2020). *Mercado accionario*. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/mercado-accionario>
- Banco de la República (2020). *Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar)*. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>
- Capitán, E. M. (Julio de 2019). *Cómo invertir en volatilidad con opciones financieras*. Obtenido de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/91710/TFG%20-%20Mart%c3%adnez%20Capit%c3%a1n%2c%20Esteban.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Danielsson, J. (2011). *Financial Risk Forecasting: The Theory and Practice of Forecasting Market Risk with Implementation in R and Matlab*. Hoboken: John Wiley.
- Gálvez, P. M. (2020). *Optimización de carteras de inversión modelo de Markowitz y estimación de volatilidad con Garch*. Obtenido de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/HHEE/article/view/2031/1895>
- Martínez, C. E. (2019). *Cómo invertir en volatilidad con opciones financieras*. Obtenido de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/91710/TFG%20-%20Mart%c3%adnez%20Capit%c3%a1n%2c%20Esteban.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nelson (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica*, 59(2), 347-370. <https://doi.org/10.2307/2938260>.
- Ortiz-Arango, Francisco (Octubre de 2012). *Pronóstico de la volatilidad cambiaria peso-dólar*. Obtenido de <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xvii/docs/K16.pdf>

- Páez Gómez, Camilo; Peña, Francia Elena & Moreno, Nini Paola (Noviembre 2 de 2020). *Análisis del impacto del Covid-19 sobre el índice COLCAP de la bolsa de valores*. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/33051/1/2020_analisis_impacto_covid.pdf
- Pascuali, M. (Abril 9 de 2020). *El impacto del coronavirus en las bolsas de América Latina*. Obtenido de <https://es.statista.com/grafico/21174/variacion-de-indices-bursatiles-por-covid-19-en-latinoamerica/>
- Paz, S. M. (Agosto de 2014). *Análisis comparativo y causal de modelos*. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/129900/cf-orozco_sd.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quebrada, B. C. (2018). *Índice bursátil de la Bolsa de Valores de Colombia y tipo de cambio en Colombia*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16388/2019cristianquebrada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez Posada, Luisa Fernanda & Maya Ochoa, Cecilia (2009). *Metodologías alternativas para la valoración de opciones americanas sobre TRM*. Obtenido de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/259/LuisaFernanda_RamirezPosada_2009.pdf?sequence=1
- Reyes, I. G. (Diciembre de 2019). *Efecto de factores globales de riesgo en la predicción*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105252>
- Rivera, N. V. (Diciembre de 2019). *Modelación y pronóstico de la TRM a partir de un modelo de saltos de difusión*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6955/trabajo%20escrito.pdf?sequence=1>
- Ruey, S. (2005). *Analysis of Financial Time Series*. Chicago: Wiley-Interscience.
- Ruiz, Esther & Veiga, Helena (2008). *Modelos de volatilidad estocástica: una alternativa atractiva y factible para modelizar la evolución de la volatilidad*. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/19806/AEEE-2008-18-modelos-volatilidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Santos, J. (2010). Análise da relação risco e retorno em carteiras compostas por índices de bolsa de valores de países desenvolvidos e de países emergentes integrantes do bloco econômico, *BRIC*, 23-37.
- Sheppard, K. (2019). *Financial Econometrics Notes*. Obtenido de <https://www.kevinsheppard.com/teaching/mfe/notes/>.
- Sierra, Guillermo (2012). *Relación de procesos de persistencia estimados a través de los coeficientes Hurst*. Obtenido de <https://www.ecorfan.org/series/cap3.pdf>
- Sura (2020). *Análisis financiero de FondoSURA ante la pandemia por COVID-19*. Obtenido de https://comunicaciones.segurossura.com.co/covid19/Contenidos/Documentos/Analisis_FondoSURA.pdf
- Taylor, S. (1986). *Modelling financial time series* (2 ed.). Lancaster, UK: World Scientific.
- TURBE, R. M. (Diciembre de 2019). *Efecto de factores globales de riesgo en la predicción*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105252>
- Zivot, E. & Wang, J. (2007). *Modeling financial time series with S-Plus*. Springer Science & Business Media. Obtenido de <https://www.springer.com/gp/book/9780387279657>