

Contagio financiero y spillovers volátiles sobre Ecopetrol S.A en los años 2015 -2019.

Julieth Paola Zambrano Monroy, Francy Ruthney Herrera Velásquez

Trabajo de grado para optar el título de economistas

Luis Fernando García Arenas

Docente facultad de administración y economía

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá D.C

Facultad de Administración y Economía

2021

Agradecimientos

En primer lugar queremos dar gracias a Dios, por permitirnos llegar a este punto tan trascendental en nuestras vidas en nuestra formación personal y profesional, del mismo modo por brindarnos salud, paciencia y fortaleza en tiempos de emergencia sanitaria.

Agradecemos a nuestros padres, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado a lo largo de nuestra vida, así mismo por confiar, creer y apoyarnos en cada momento o decisión tomada.

Agradecemos a los docentes del Programa de Economía que a lo largo de la carrera estuvieron guiándonos con su dedicación y conocimiento, resaltando la labor del profesor Luis Fernando García Arenas quien fue nuestro tutor y nos acompañó en el desarrollo del presente trabajo de grado, demostrando el compromiso con su profesión y brindándonos su intelecto, apoyo y diferentes herramientas que aportaron a nuestro trabajo.

Contenido

Introducción	10
Contagio financiero y Spillovers volatiles sobre Ecopetrol S.A. en los años 2015-2019	12
1. Objetivos	12
1.1. Objetivo general	12
1.2. Objetivos específicos	12
2. Marco Referencial	13
2.1. Marco Conceptual	13
2.1.1. La volatilidad	13
2.1.2. Riesgos financieros	14
2.1.2.1. Riesgo de tipo de cambio	15
2.1.3. Rendimiento	16
2.2. Marco teórico	16
2.2.1. Modelo de Valor en Riesgo (VaR)	16
2.2.2. Modelo DCC – GARCH:	18
2.2.3. Efectos spillovers – Contagio financiero	20
3. Antecedentes	20
3.1. Antecedentes históricos	21
3.2. Antecedentes metodológicos	21
4. Metodología	25
4.1. Modelo valor en riesgo (VaR)	28
4.2. Simulador de Montecarlo	29
4.3. Modelo DCC- GARCH	30
5. Resultados	31
5.1. Portafolio Accionario	32
5.1.1. Estimación del Value At Risk	32
5.1.2. Modelo DCC- GARCH	35
5.2. Portafolio Financiero	45
5.2.1. Simulador de Montecarlo	45
6. Conclusiones	47
7. Bibliografía	49
8. Web grafía	50

Lista de tablas

<i>Tabla 1 Test de ARCH</i>	36
<i>Tabla 2 Correlaciones Múltiples WTI – EC</i>	39
<i>Tabla 3 Modelo DCC-GARCH</i>	43
<i>Tabla 4 Coeficientes GARCH. Fuente: Simulador Montecarlo</i>	45
<i>Tabla 5 Estadísticas Portafolio Financiero. Fuente: Simulador Montecarlo</i>	47

Lista de gráficos

Gráfico 1 Relación Precios EC, WTI y TRM	32
Gráfico 2 Retornos mensuales Ecopetrol. Fuente: Rstudio	33
Gráfico 3 Histograma con medida de VaR. Fuente: Rstudio	34
Gráfico 4 Comportamiento VaR y Desv. Estándar sobre los Retornos mensuales	35
Gráfico 5 Precio de cierre WTI - EC	37
Gráfico 6 Rendimientos mensuales EC - WT	38
Gráfico 7 Regresión lineal	41
Gráfico 8 Residuos de WTI – EC	42
Gráfico 9 Correlación EC y WTI	44
Gráfico 10 Volatilidad GARCH. Fuente: Simulador de Montecarlo	45
Gráfico 11 Histograma Portafolio Financiero. Fuente: Simulador Montecarlo	46

Lista de ilustraciones

<i>Ilustración 1 Método Sistemico Estructural. Fuente: Creación propia</i>	26
<i>Ilustración 2 Matriz Identidad. Fuente: Rstudio</i>	43

Lista de Apéndice

<i>Apéndice 1 Diagrama de cajas y bigotes sobre los retornos mensuales.....</i>	<i>51</i>
<i>Apéndice 2 Histograma con medida de VaR. Simulador de Montecarlo</i>	<i>51</i>
<i>Apéndice 3 Retornos mensuales EC- WTI.....</i>	<i>52</i>
<i>Apéndice 4 Ruido blanco de los residuales al cuadrado (EC)</i>	<i>53</i>
<i>Apéndice 5 Ruido blanco de los residuales al cuadrado (WTI).....</i>	<i>54</i>
<i>Apéndice 6 Demostración de la varianza con Residuales</i>	<i>55</i>
<i>Apéndice 7 Demostración de la varianza condicionada con residuales.....</i>	<i>55</i>
<i>Apéndice 8 Regresión simple</i>	<i>55</i>
<i>Apéndice 9 Coeficientes EC- WTI.....</i>	<i>56</i>
<i>Apéndice 10 Modelo Generalizado GARCH.....</i>	<i>56</i>
<i>Apéndice 11 Correlación Modelo DCC- GARCH.....</i>	<i>57</i>
<i>Apéndice 12 Estado de Resultados: 2017, 2016 y 2015.....</i>	<i>58</i>
<i>Apéndice 13 Estado de Resultados 2019 y 2018.....</i>	<i>59</i>

Resumen

Este documento busca identificar la presencia de un efecto contagio y spillovers volátiles entre el portafolio accionario y financiero de la empresa colombiana Ecopetrol, durante el periodo de análisis 2015– 2019. Para este ejercicio se utiliza las metodologías Value at Risk (VaR), Modelo GARCH Multivariado Condicional DCC, y Simulador de Montecarlo, con el objetivo de evaluar las correlaciones condicionales entre los retornos mensuales de los portafolios. Los resultados revelan que efectivamente la volatilidad posee efectos de contagio financiero en ambos portafolios pero su mayor participación se observó en el financiero, del mismo modo el portafolio accionario presenta volatilidades externas e internas con incrementos en la correlación dinámica condicional, dando por entendido presencia de Spillover Volátiles de alto impacto en el periodo de estudio.

Palabras Clave: Spillover Volátil; Efecto Contagio; Simulador de Monte Carlo; VaR; DCC – GARCH

Clasificación JEL: G24; F31; C32

Abstract

This paper seeks to identify the presence of a contagion effect and volatile spillovers between the stock and financial portfolio of the Colombian company Ecopetrol, during the period of analysis 2015- 2019. For this exercise, the Value at Risk (VaR), GARCH Multivariate Conditional GARCH Model DCC, and Monte Carlo Simulator methodologies are used in order to evaluate the conditional correlations between the monthly returns of the portfolios. The results reveal that volatility has indeed financial contagion effects in both portfolios, but its greater participation was observed in the financial portfolio. Likewise, the stock portfolio presents external and internal volatilities with increases in the conditional dynamic correlation, implying the presence of high impact Volatile Spillover during the study period.

Keywords: *Volatil Spillover; Contagion effect; Monte Carlo simulator; VaR; DCC – GARCH*

JEL classification: *G24; F31; C32*

Introducción

Muchas empresas que cotizan en bolsa consideran en la toma de sus decisiones los riesgos financieros¹, efecto contagio² y spillovers para cuantificar la transmisión total de volatilidad a la que se ve expuesto el mercado accionario, con el fin de mitigar la posibilidad de pérdida, daño o por qué no, incrementar la oportunidad de ganancia. Los mercados financieros pueden sufrir choques externos como internos teniendo variables dependientes a un cambio de alta volatilidad, donde juega el papel importante del efecto de contagio financiero en la propagación de la crisis de un país a otro afectando tanto variables nominales como reales de ambas economías, tal es el caso de los niveles de empleo y del PIB, es decir, ante una caída de los mercados bursátiles de una región, futuros inversores aprecian señales desalentadoras tales como una masiva salida de capitales o una gran cantidad de señales de trading que permite el análisis financiero para la toma de decisiones de las empresas accionistas en bolsa.

Los portafolios accionario y financiero de Ecopetrol, empresa representativa del sector real de la economía colombiana, se ven influenciados por los efectos de contagio y spillovers volátiles que trae el mercado hacia la economía petrolera colombiana en el periodo 2015 – 2019. Sin embargo ¿Cuáles fueron las consecuencias que trajo, al mercado, el efecto contagio y los spillovers volátiles, en la toma de sus decisiones durante el periodo comprendido en Ecopetrol S.A? A finales del año 2014 el mercado internacional de crudo terminaba de salir de una terrible crisis originada tras la decisión de la OPEP³, la cual conllevaba a mantener el nivel de producción de crudo a pesar de que su precio iba en una disminución constante. El periodo después de esto el

¹ El riesgo financiero es la probabilidad que suceda un evento con posibles pérdidas generadas en las actividades financieras, tal como los movimientos desfavorables de los tipos de interés, los tipos de cambio o los precios de las acciones.

² Impacto o transmisión de fenómenos económicos de un país a otro o de un mercado a otro.

³ Organización de Países Exportadores de Petróleo

mercado internacional de crudo tuvo un ciclo económico, con un punto crítico a finales del 2018 donde se presentó un exceso de oferta de crudo a nivel internacional. Por esto, Ecopetrol se considera un actor principal en la transmisión de volatilidad; ya que, su participación se hizo efectiva en las acciones más líquidas del mercado colombiano, generando un efecto spillover.

Este trabajo resulta pertinente, puesto que permite analizar el comportamiento en la toma de decisiones ante el riesgo, efecto contagio y spillover, de la firma Ecopetrol, facilitando el conocimiento efectivo del mercado accionario y las consecuencias de la toma de decisiones frente al comportamiento de las mismas; ya que, está en juego parte fundamental de las inversiones y el crecimiento de las empresas. No obstante, las ventas y la producción de petróleo en los últimos años dentro de los informes empresariales evidencian reducciones importantes en sus indicadores, sumado a esto, se encuentra que las fluctuaciones de los precios del petróleo están asociados al comportamiento internacional de los principales productores y refinadores del mismo, lo que, de acuerdo con el propósito de este escrito, se relaciona con el efecto contagio; dado que, el comportamiento accionario de las empresas internacionales infieren indirectamente en los índices accionarios (COLCAP⁴) y en la TRM⁵. Ahora bien, se identifica que muchas veces a la hora de hacer un pronóstico, a largo plazo, se utilizan las mejores herramientas financieras buscando una estabilidad económica; el problema radica en que hay incertidumbre a largo plazo en el mercado financiero; puesto que, se depende de variables externas, coyunturas políticas y económicas.

(Loterio S. , 2007) Evidencia la importancia de medir, controlar, mitigar o transferir los riesgos financieros e incorporar la incertidumbre dentro del análisis de la conducta de las empresas, ya

⁴ El índice COLCAP es un indicador de la capitalización bursátil ajustada de cada compañía determinando su nivel de ponderación.

⁵ La TRM es el mecanismo en el cual se mide la unidad de una moneda con respecto a la divisa más representativa en la actualidad.

que algunos de sus componentes permiten estudiar detalladamente el papel de los mercados en la difusión de los riesgos en tiempo y espacio de dicha empresa, como a su vez se puede pronosticar, a largo plazo, la especulación y el arbitraje⁶ bajo las diferentes teorías relacionadas a los riesgos financieros. Cabe recalcar, que los efectos de un contagio son menos severos cuando las crisis financieras se anticipan (Mondria & Quintana Domeque, 2012) haciendo referencia a problemas de liquidez dentro de una empresa.

Contagio financiero y Spillovers volátiles sobre Ecopetrol S.A. en los años 2015-2019

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Analizar la presencia de un posible efecto contagio financiero y spillover volátiles de Ecopetrol S.A durante el periodo de tiempo 2015 a 2019 en Colombia.

1.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar el portafolio financiero y accionario de Ecopetrol S.A a través del método sistémico estructural durante el 2015 -2019.
- ✓ Calcular la pérdida máxima (VaR) a la cual se enfrentó Ecopetrol durante el periodo de tiempo y a través de los gráficos observar el posible efecto contagio financiero que tuvo el portafolio accionario.
- ✓ Calcular las variables más sensibles a la volatilidad a través del simulador de Montecarlo y el modelo econométrico DCC-GARCH.

⁶ Estrategia financiera que consiste en aprovechar la diferencia de precio entre diferentes mercados sobre un mismo activo financiero para obtener un beneficio económico, normalmente sin riesgo.

- ✓ Determinar la Utilidad Neta que hubiera obtenido Ecopetrol para el año 2020 a través del Estado de Resultados por medio de la extensión de Excel “Simulador de Montecarlo”.

2. Marco Referencial

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. La volatilidad

A lo largo de los últimos años, los precios internacionales de los productos agrícolas y energéticos, así como los metales, las divisas y los mercados accionarios han experimentado profundos vaivenes, en los cuales se ha planteado que la mejor posibilidad de introducir el funcionamiento de los mercados y limitar la acción de los capitales especulativos, es conocida como la volatilidad.

Según (De Lara Haro, 2008) la volatilidad es la desviación estándar de los rendimientos de un activo o un portafolio, siendo este un indicador fundamental para la cuantificación de los riesgos de mercado porque representa una medida de dispersión de los rendimientos respecto al promedio de estos en un periodo de tiempo determinado. La volatilidad es muy sensible a la corriente de datos que impacta en la formación de los precios. Esto significa que la misma dependerá de la velocidad de arribo de nueva información relevante sobre las fuerzas de oferta y demanda, que conjuntamente determinan el punto de equilibrio del mercado. Si se producen cambios positivos o negativos en las cotizaciones, la volatilidad aumentará o disminuirá dependiendo de la magnitud relativa de aquellas variaciones respecto del promedio.

2.1.2. Riesgos financieros

Según (Jorion, 2006) el riesgo financiero es la volatilidad de los resultados esperados, generalmente el valor de activos o pasivos de interés, junto con la definición de definición de (Mascareñas, 2008), hace referencia a la incertidumbre asociada al rendimiento de la inversión derivada de la posibilidad de que la empresa no pueda hacer frente a sus obligaciones financieras como el pago de los intereses y la amortización de las deudas.

Sin embargo, según (Urteaga & Izagirre, 2013) se puede definir que los riesgos financieros se presentan en todos los eventos de la vida, tanto laborales como financieros, una característica fundamental de los riesgos financieros se define que entre más rentable sea el activo más avanza el riesgo sobre él, de ahí parte el papel fundamental de la incertidumbre, este se puede medir mediante una buena administración de riesgo que permita identificar, cuantificar, y gestionar. Como plantea (Alonso & Berggrun, 2015), gestionar el riesgo financiero, es una disciplina que ha venido surgiendo con el paso de los años causado por el gran dinamismo del mercado que ha traído consigo crisis financieras, como el derrumbe del tipo de cambio y la crisis del petróleo, por ejemplo; donde se deduce que en cada crisis financiera, en una entidad empresarial cuando se aumenta el riesgo financiero este puede ocasionar inestabilidad de las tasas de interés, pérdida de la confianza y un posible pánico en el sector financiero.

Actualmente, existen una gran variedad de metodologías para medir el riesgo, a través de modelos: El VaR (Value at Risk), el método varianza - covarianza, la simulación Montecarlo y el método de simulación histórica, entre otros. Cabe resaltar la importancia que el VaR desempeña sobre el manejo del riesgo de mercado, en lo que se concluye que, este modelo a través de la historia se desarrolló como la necesidad de utilizar técnicas de medición de riesgo, por lo tanto, este modelo se define como la herramienta financiera que permite gestionar y estimar el riesgo

financiero causado por los movimientos en los precios del mercado; en definitiva, el análisis del riesgo financiero aporta estimaciones a partir de datos con los cuales se podrían conocer, la situación actual de un instrumento financiero como también pronosticar su precio aumentando la rentabilidad de un activo o de un bien.

2.1.2.1. Riesgo de tipo de cambio

El riesgo del tipo de cambio lo define (Ross, Westerfield, & Jaffe, 2012) como la consecuencia natural de las operaciones internacionales en un mundo donde los valores de las monedas experimentan altibajos, es decir que presentan cambios al momento de realizar las transacciones. La administración del riesgo del tipo de cambio es una parte elemental de las finanzas internacionales. Cuando se cita, se tienen en la cuenta los tipos de riesgo o exposiciones al riesgo: de corto plazo, en donde las fluctuaciones cotidianas de los tipos de cambio crean riesgos a corto plazo para las empresas internacionales, la mayoría de estas firmas tiene acuerdos contractuales para comprar y vender productos en el futuro próximo a precios establecidos, cuando intervienen varias monedas, tales transacciones implican un elemento adicional de riesgo de largo plazo; dado que se transan en el denominado mercado de futuros, en el cual el valor de una operación internacional puede fluctuar debido a cambios imprevistos a las condiciones iniciales en las que se propusieron. El efecto de las variaciones en los niveles del tipo de cambio es considerable, además un cambio o efecto drástico de estos movimientos afecta la rentabilidad de la empresa (es el caso de estudio en este trabajo) y en la conversión contable.

Según (Ross, Westerfield, & Jaffe, 2012) la cobertura de la exposición al riesgo de largo plazo es más difícil que la de corto plazo. Por un lado, no existen mercados de futuros organizados para satisfacer estas necesidades de largo plazo. En vez de ello, la principal opción que tienen las

empresas es proponerse igualar los ingresos y egresos de moneda extranjera. Tiene igualmente validez para los activos y pasivos denominados en moneda extranjera.

2.1.3. Rendimiento

Según (Gitman & Joehnk, 2009) el rendimiento es el nivel de beneficios producto de una inversión; es decir, la retribución por invertir (el tamaño y la certeza del rendimiento esperado son factores importantes para elegir una inversión adecuada). El rendimiento es una variable importante en la decisión de inversión: nos permite comparar las ganancias reales o esperadas de diversas inversiones con los niveles de rendimiento que necesitamos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el rendimiento sobre una inversión puede provenir de más de una fuente. La fuente más común son los pagos periódicos, como los dividendos o intereses. La otra fuente de rendimiento es la apreciación de valor, es decir, la ganancia obtenida de la venta de un instrumento de inversión en un precio mayor que su precio inicial de compra. Estas dos fuentes de rendimiento se denominan *ingresos corrientes* y *ganancias de capital* (o pérdidas de capital), es decir un cambio en el valor del mercado de una inversión, respectivamente.

2.2.Marco teórico

2.2.1. Modelo de Valor en Riesgo (VaR)

Para (Alonso J. C., 2005) el Valor en Riesgo se ha convertido en una de las herramientas más empleadas para la medición de riesgo por reguladores, agentes financieros y académicos. Dicha popularidad, tiene su origen a principios de los 80's cuando las principales firmas financieras de los países desarrollados empleaban el VaR como medida del riesgo de sus portafolios. A mediados de los 90's esta popularidad se potencializó por el interés de los reguladores en el VaR como medida de riesgo. Una de las razones para esta gran reputación es la sencillez del concepto

y lo intuitivo de su interpretación al ser ésta la medida (estimación) de la máxima pérdida posible para un horizonte de tiempo y un nivel de significancia determinados.

Según (De Lara Haro, 2008) el valor en riesgo es una medida estadística de riesgo de mercado que estima la pérdida máxima que podría registrar un portafolio de instrumentos monetarios en un periodo de tiempo y con cierto nivel de confianza; por lo anterior hay que tener en cuenta que esta es válida en condiciones normales de mercado, es decir, la técnica de Valor en Riesgo permite obtener una medida de riesgo que refleja la máxima pérdida potencial que puede sufrir el valor de una cartera de instrumentos financieros (portafolio), con una probabilidad dada (nivel de confianza) y un eje horizontal de tiempo preestablecido, el cual se puede relacionar o identificar con un tiempo necesario para que la institución pueda hacer modificaciones en su cartera sin incurrir a un alto riesgo.

El Banco de Pagos Internacionales⁷ (Bank for International Settlements) recomienda definir el 99% de confianza y un horizonte de 10 días para intermediarios financieros. Sin embargo, JP Morgan recomienda el 95% de probabilidad en un horizonte de un día para operaciones en mercados líquidos.

Ahora bien, existen mucho modelos para medir el valor en riesgo por ejemplo uno de ellos es el EWMA (Exponentially Weighted Moving Average), es un modelo estándar que mide la volatilidad significativamente en periodos adyacentes, teniendo en cuenta que la volatilidad en este caso en la serie de precios de un título generalmente no es constante a través del tiempo y dado que, no se le puede asignar el mismo peso a una volatilidad antigua que a una reciente, Según J.P Morgan quien propuso el modelo, se debe tener en la cuenta que las teorías existentes

⁷ Es una organización internacional dedicada a estimular la cooperación monetaria y financiera a nivel mundial. A menudo se suele considerar a esta gran entidad como una especie de supervisora de los bancos centrales.

para el cálculo del VaR se ajustan a mercados desarrollados. En el caso del mercado colombiano, la aplicación de estas teorías se ve afectada por los problemas que se presentan en un mercado emergente es decir con carencia de información histórica y actual.

En la otra orilla aparece el CVaR (Conditional Value at Risk) un indicador que puede cuantificar situaciones más arriesgadas se utiliza para la optimización de los portafolios porque cuantifica las pérdidas que exceden el VaR y actúa como una cota superior para este. Cabe resaltar que en el desarrollo de este trabajo se utilizará el VaR y no el CVaR dado que el valor condicional en riesgo (CVaR) se deriva del valor en riesgo (VaR). Lo anterior por cuanto, el uso del CVaR en lugar de solo el VaR tiende a conducir a un enfoque más conservador en términos de exposición al riesgo, por lo tanto, no se tendría una visión general del riesgo en sí, sino solamente una más relativa en términos del portafolio (menor riesgo).

2.2.2. Modelo DCC – GARCH:

El modelo GARCH permite capturar el exceso de volatilidad sobre los rendimientos de los precios de los activos financieros, tales como se pretende realizar en el presente estudio, según puede observarse en la teoría de Engel en cual expone que la descripción univariada de la modelación y el pronóstico de la volatilidad tienen bastantes aplicaciones como en modelos de valoración de activos, administración de riesgos y en estrategias de coberturas, entre otras. (Gallón & Gómez, 2007). Sin embargo, se resalta que el modelo GARCH abarca muchos aspectos óptimos de diferentes variaciones, pero el modelo GARCH en general, se le conoce como (p, q) , donde p refiere al componente autorregresivo y q al componente residual, es decir, económicamente Engel lo estima de la siguiente forma:

$$Y_t = \varepsilon_t \delta_t \text{ Ecuacion General del Rendimiento Medio}$$

$$\delta_t^2 = \omega + \sum_{i=1} \alpha_i y_{t-i}^2 + \sum_{j=1} \beta_j \delta_{t-j}^2 \quad \text{Medición de la Volatilidad en GARCH}$$

Donde la teoría del modelo GARCH, establece:

1. ε_t está distribuido con media cero y desviación igual a 1.
2. Los parámetros $\delta_t^2 = \omega > 0$; $\alpha_i, \beta_i \leq 0$, Cumpliendo la condición de estacionalidad.
3. Se pueden calcular los primeros momentos y definir el proceso respecto a su media y a su varianza.

Ahora bien, con relación al mercado financiero y el modelo DCC GARCH se emplea para calcular la correlación condicional dinámica multivariante y a su vez se estima la suma de la varianza - covarianza condicional, que se utilizará para calcular el derrame de volatilidad recomendado por (Diebold & Yilmaz, 2012) como se muestra a continuación:

$$H_t = D_t, R_t, D_t$$

Aquí el modelo DCC-GARCH se estima como una matriz de varianzas y covarianzas condicionales, siguiendo la teoría (Diebold & Yilmaz, 2012), el pronóstico de la varianza del error se puede descomponer en dos partes, una de ellas es la parte de la varianza generada por choques propios y la parte de la varianza generada por choques externos. La primera se define como el pronóstico *h-periodos* adelante de la varianza del error en x_i causada por choques; sin embargo, cabe aclarar que la parte del modelo en la que se enfocan las autoras es el de la varianza generada por choques externos o spillovers que son las fracciones del pronóstico h-periodos adelante de la varianza del error en x_i causada por choques en x_j .

2.2.3. Efectos spillovers – Contagio financiero

Por otro lado, los efectos spillovers y contagio financiero son conceptos que se incluyen en la teoría económica, No obstante, va enfocado más a la teoría de crecimiento económico. Así las cosas y parafraseando el enfoque de la teoría de crecimiento endógeno la presencia de spillovers, se debe a inversión en investigación, del capital agregado, del capital humano y de otros factores que afectan el nivel de producción de la economía (Sala i Martin, 2000)

(Mendez Delgado, 2018) Expone todo sobre los spillovers y resalta que para identificar sus efectos en general, se debe evitar el problema del reflejo, esto significa, cuando hay presencia de efectos financieros las correlaciones entre empresas o individuos se pueden atribuir a la existencia de spillovers, cuando en realidad se pudieran deber a otros factores financieros, no observables, por cierto. Igualmente, es necesario encontrar un mecanismo preciso de transmisión a través del cual se producen los efectos de spillovers.

Aún más, hay que tener en la cuenta que existen Spillovers de volatilidad, los cuales tienen una estructura simple para medir el vínculo en las volatilidades de los rendimientos de activos. La medición de estos índices de volatilidad sigue la noción de la descomposición de la varianza asociada con un modelo VAR de N variables. Para cada activo x se agrega la parte de la varianza del error de pronóstico proveniente de los choques en un activo. (Diebold & Yilmaz, 2008).

3. Antecedentes

En la realización del presente trabajo de grado, se obtuvo información de una serie de documentos, ensayos, investigaciones, libros, revistas, etc., las cuales se relacionan de manera directa o indirectamente a los spillover volátiles y al efecto de contagio financiero, y como bien se mencionó anteriormente estos son los temas principales del presente trabajo.

3.1. Antecedentes históricos

El 25 de agosto de 1951, la reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos, Ecopetrol S.A. A través del tiempo hemos observado como la empresa ha tenido el propósito asegurar la gestión de recursos. La compañía petrolera promueve el desarrollo sostenible de Colombia, con la cual responde a las políticas gubernamentales y a la actual situación geopolítica local e internacional, allí su objetivo es mantener el suministro de combustible y servir como cajero más pequeño.

La empresa tras su historia estudió cuidadosamente la siguiente estrategia en las últimas etapas de su creación: alcanzar el crecimiento encontrando nuevas áreas relacionadas con otras empresas, debido a sus ilimitadas capacidades financieras y técnicas, y por su tamaño, pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica generando a la Nación cuantiosos ingresos. (Rojas Gómez, 2012)

3.2. Antecedentes metodológicos

En el paper (Jimenez C. , 2009) se resalta la importancia de que las empresas del sector real comprendan la necesidad de identificar, cuantificar y gestionar el riesgo financiero como un elemento complementario al desarrollo de las actividades para las cuales fue constituida, así mismo propone una metodología en donde se tenga en la cuenta el cálculo del VaR y también una simulación Monte Carlo, estos cálculos y simulaciones son aplicadas para la empresa Ecopetrol a partir de los estados financieros del año 2006 determinando los factores de riesgos que afectan a la empresa, tales como la TRM, BRENT, entre otras.

Como factor fundamental el EBITDA⁸ (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization) se refleja en el estado de resultados y concluye que los principales valores de riesgo BRENT y TRM tienen una correlación inversa con el EBITDA lo que significa que la subida o bajada de uno de estos índices genera incrementos o decrementos respectivamente en la función de valor y representa un riesgo muy alto para la empresa, ya que, el mercado tiende a ser muy volátil y no se puede depender de este.

En la investigación (Cabrera Rodríguez & Parra Amado, 2014) implementa 2 aplicaciones fundamentales, el primero es el análisis de impulso respuesta de las variables económicas frente a choques en los factores real y financiero, y el segundo la descripción del efecto que tiene un evento de estrés en el sector financiero sobre el sector real y viceversa. Para ello utiliza el modelo FAVAR⁹ (Factor-Augmented Vector Autoregressive) y el CVaR (Conditional Value at Risk). Los resultados obtenidos sugieren que los estrechos vínculos entre los 2 sectores propagan los choques en ambas direcciones. En particular, el sector financiero reacciona de manera más rápida ante un choque en la actividad real, en comparación con el efecto de un choque financiero en el sector real.

Por consiguiente, el paper de (Rigobon, 2016) crea una revisión empírica - teórica sobre los efectos spillovers y contagio financiero internacional identificando que estos modelos implican variables sesgadas, utilizando los fundamentos teóricos de los shocks internacionales, aclarando que todo modelo de derrame y contagio implica 2 características fundamentales, la primera se enfoca en las variables observadas de forma reducida, siendo endógenas y sufren de variables

⁸ Es un indicador contable de la rentabilidad de una empresa. Se calcula como ingresos menos gastos, excluyendo los gastos financieros (impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones de la empresa).

⁹ El Modelo FAVAR combina las metodologías de factores dinámicos y los modelos VAR, lo que logra una representación parsimoniosa aun cuando se utiliza un gran número de series.

omitidas, esto implica que las estimaciones están sesgadas, la segunda, son datos financieros relacionados con heterocedasticidad¹⁰, siendo este un problema de especificación incorrecta, sin embargo, la combinación de estos dos problemas implica que el grado de mala especificación cambia con el grado heterocedasticidad. la metodología se implementa por medio de los modelos de estimación y correlación condición DDC- GARCH con el objetivo de calcular las asimetrías que se encuentran en la transmisión de volatilidad entre los mercados financieros, por medio de la transformación de los precios de activos con los choques acumulados de matrices de covarianza en el tiempo, allí es donde se calculan spillovers asimétricos para los mercados colombianos de bonos interbancarios y accionarios, finalmente el autor concluye, con los resultados, que los efectos spillover se pueden evidenciar en lo shocks adversos, ya que, están expuestos a un gran contagio,; a diferencia de un Spillover para el mercado financiero y accionario de Colombia, ya que, es considerada como una economía pequeña que no tiene un riesgo alto de contagios, y a su vez que la magnitud de los spillovers en presencia de choques negativos es mayor a los choques positivos.

Los autores (Albarracín Muñoz, García Arenas, & García, 2017) buscan presentar los riesgos financieros presentes en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas en Colombia; a través de una metodología cualitativa-descriptiva, tomando como muestra 36 empresas del directorio de Pymes de la Facultad de Contaduría Pública de la Universidad Externado de Colombia.

En primera instancia, se define el riesgo como un efecto el cual tiene la incertidumbre sobre los objetivos de las empresas, esta última entendida en tres posibles niveles:

¹⁰ Se dice que hay presencia de heterocedasticidad cuando los errores no son constantes a lo largo de toda la muestra, es decir, cuando se presenta una mayor dispersión en los datos.

“La conocida, que se caracteriza por su certeza dada una condición o actividad. La desconocida, susceptible a pronósticos cuya certeza y reducción de riesgos están dadas por el paso del tiempo. Finalmente, la incognoscible, que acarrea incertidumbre y riesgos que pueden ser constantes durante un período indefinido”.

Por otro lado, los autores también hacen énfasis en las fases de la Gestión Integral de Riesgos (GIR), dado que, la metodología que se utiliza es la primera fase, es decir, el proceso de gestión cualitativa.

En las empresas seleccionadas, se identificaron los riesgos financieros en las Mipymes que más afectan; el riesgo de mercado, dado por la variación en los precios, variación de tasas de interés y de cambio, junto a la variación de inversiones; el riesgo de liquidez, dado por la inadecuada administración del dinero, incumplimiento de obligaciones, y las indebidas prácticas de endeudamiento; y el riesgo de crédito, dado por el incumplimiento de pago de clientes, ausencias de políticas de cobro y la falta de estudios de crédito.

Para (Vargas Paez, 2019) los mercados financieros tienen diversos choques debido a su gran intercambio, por lo cual en su investigación busca integrar las asimetrías de transmisión del riesgo calculando las funciones de impulso-respuesta generalizadas sobre los rendimientos de los choques acumulativos positivos y negativos del sistema financiero. Implementa modelos como DDC- GARCH que permite calcular las asimetrías que se encuentran en la transmisión de volatilidad entre los mercados financieros por medio de la transformación de los precios de activos con los choques acumulados de matrices de covarianza en el tiempo, donde se calcularon los efectos spillover asimétricos para los mercados colombianos de bonos, interbancario y accionario, evidenciando que existen asimetrías en la dirección de los mecanismos de transmisión de volatilidad.

En su trabajo investigativo, (Mesa, 2010) identifica los mecanismos de transmisión de información, entre las volatilidades que tienen las perturbaciones en el mercado de valores, las cuales son un factor significativo en la determinación de la política monetaria, dado que, se busca mitigar cualquier riesgo en una mayor escala pues el comportamiento y la volatilidad de ésta afecta en forma sustancial a la economía nacional. Esto, se logra a través del análisis de las interacciones entre la tasa de interés a corto y largo plazo y el mercado de valores. Para ello utiliza tres diferentes modelos econométricos de GARCH, con el fin de estimar los retornos de la tasa de cambio y las tasas de interés, allí se encontró que existe evidencia de spillovers de volatilidad en los diferenciales de tasas de interés hacia la tasa de cambio de Colombia.

4. Metodología

En esta sección de la presente investigación, se desarrollará la implementación de las medidas financieras tales como el Value at Risk (VaR), Simulador de Montecarlo y a su vez el Modelo Econométrico DCC–GARCH con el objetivo principal de evaluar e identificar los impactos de la volatilidad en los efectos contagio y spillovers volátiles y así mismo realizar una comparación cuantitativa de los resultados que se obtendrán.

Por consiguiente, se determinó que el tipo de investigación más apropiado era el cuantitativo experimental. Puesto que, el proyecto se basa en datos reales, cifras históricas que permiten llegar a un análisis previo, contextualizando el tema a tratar para evidenciar características. Por último, con la recolección de datos y las fuentes consultadas se brindará una propuesta que pueda aportar una información concreta y detallada, cuya base es el paradigma positivista¹¹,

¹¹ Afirma que la realidad es absoluta y medible, los métodos estadísticos inferenciales y descriptivos son la base de este paradigma.

considerado epistemológicamente, la realidad objetiva, que se da a conocer por medio del descubrimiento. (Uribe Correa, 2002).

En primera instancia, utilizaremos de forma gráfica (*Ver Ilustración 01*) el método sistémico estructural, el cual se caracteriza por ser un procedimiento que ordena la actividad, siendo la manera más objetiva de reproducir el objeto (sistema) que se estudia; este se utiliza con el fin de analizar los portafolios que conforman Ecopetrol y, así mismo, se plantean los pasos a seguir para la implementación de medidas financieras y el modelo econométrico.

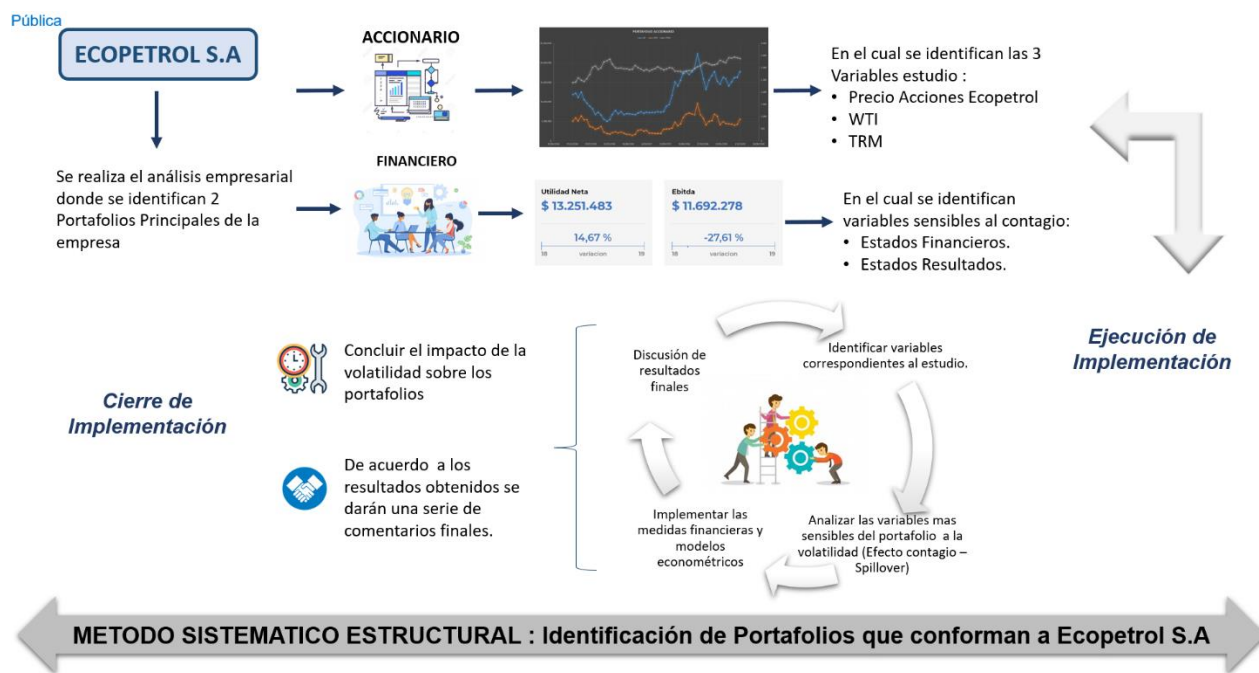


Ilustración 1 Método Sistémico Estructural. Fuente: Creación propia

Cabe resaltar qué, en dicho análisis sistémico se analiza que los portafolios con mayor relevancia en Ecopetrol son los Accionarios y Financieros, donde se concluye cada una de las variables más sensibles a la volatilidad en cada portafolio, para el accionario se identificó el precio de la

acción de Ecopetrol, el precio del WTI y la TRM y para el financiero el Estado Resultados, por lo tanto, se desarrolla el despliegue de dichos modelos econométricos VaR y DCC – GARCH y la Simulación de Montecarlo con variables previamente identificadas con el fin de demostrar las correlaciones, efectos contagio y spillover los cuales serán nuestro objeto de estudio.

Por consiguiente, como se evidencia en el modelo sistemático, el primer paso para previa identificación y análisis de las variables estudio, se realiza una revisión histórica de Ecopetrol con el fin de determinar los acontecimientos trascendentales que afectaron a la empresa en dicho periodo de tiempo. Así mismo se obtuvo la base de datos histórica en Yahoo Finance de la empresa Ecopetrol S.A que cotiza en la bolsa de NY, por ser un instrumento necesario en la recolección de datos para la respectiva implementación del cálculo financiero del Value at Risk, con base en el cumplimiento del segundo objetivo metodológico.

No obstante, se resalta que los datos históricos se pueden obtener con una periodicidad diaria, mensual, y anual, para este caso se prefirió escoger un periodo de tiempo mensual por la variación estacional, es decir, dado que mes a mes los datos indican el valor en que aumenta o disminuye la tendencia a causa del componente permitiendo analizar correctamente las series de tiempo.

En concordancia con lo anterior se utilizará la herramienta econométrica de Rstudio para el cálculo del VaR y el DCC - GARCH, en la cual, al tener la serie de datos históricos de las acciones, se calculan sus retornos mensuales, correlaciones, estimaciones estadísticas y creación de los diagramas a su vez se hará la comparación paradigmática con el simulador de Montecarlo, ya que esta herramienta permite realizar la simulación de riesgo y pronósticos de los mismos modelos, teniendo resultados más concretos del portafolio y a su vez evidenciar rigurosamente

las variables más sensibles a la volatilidad identificando si sufren de un efecto contagio o un spillover volátil.

Ahora bien, nuestra metodología se desagrega de la siguiente forma:

4.1. Modelo valor en riesgo (VaR)

El modelo del valor en riesgo (VaR) es una medida estadística de riesgo de mercado que estima la pérdida máxima que podría registrar un portafolio en un periodo de tiempo y con cierto nivel de confianza; Es decir, la técnica de Valor en Riesgo permite obtener una medida de riesgo que refleja la máxima pérdida potencial que puede sufrir el valor de una cartera de instrumentos financieros (portafolio), con una probabilidad dada. Para las empresas del sector real en la economía colombiana, según (Sanz, 2006) utilizar esta metodología, implica una mayor evaluación en el estudio, dado que, se realiza a partir de una serie de datos históricos dentro de un periodo de tiempo determinado; allí se aplica una distribución con un nivel de confianza específico permitiendo la distribución normal de dichos resultados y la parametrización del VaR. Sin embargo, cabe resaltar que el VaR correspondiente a este tipo de estudio, por cuanto el modelo a estimar se usa es un VaR paramétrico, el cual se distingue por identificar la volatilidad de los comportamientos dentro del parámetro evaluado; en este caso la dispersión del WTI y la TRM, como lo dice (Sanz, 2006); “permitiendo medir las coyunturas del mercado y determinando el riesgo del activo por medio de la dispersión de la tendencia presentada en los rendimientos calculados y buscando la correlación respecto a otra variable determinada.”

Al acoger a (Carabalí, 2009) se utiliza un VaR aditivo, el cual corresponde a la sumatoria de varios VaR individuales de un mismo activo, pero en diferentes periodos de tiempo, con el fin de obtener el valor de riesgo determinado para el activo a analizar, como se evidencia en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. VaR

$$\text{VaR} = F * S * \sigma * \sqrt{t}$$

Dónde:

F= nivel de confianza

S= monto de la exposición al riesgo

σ = desviación estándar de los rendimientos

t = horizonte de tiempo a evaluar

Ecuación 2. VaR aditivo

$$\text{VaR aditivo} = \text{VaR}_1 + \text{VaR}_1 + \text{VaR}_2 + \text{VaR}_3 \dots \dots + \text{VaR}_n$$

Dónde:

$$\text{VaR}_n = \text{VaR determinado en el periodo de tiempo n.}$$

Actualmente se han establecido supuestos para la determinación del VaR a nivel corporativo, así lo explican (Jimenez V. , 2007), se toma a partir de las cuentas de los estados financieros que presenten relación directa a los conceptos de riesgo de mercado, como las inversiones, las operaciones en moneda extranjera y los mecanismos de cobertura.

4.2. Simulador de Montecarlo

El simulador Monte Carlo es uno de los métodos necesario para estimar una aproximación de posibles pérdidas ante la posibilidad de ocurrencia de algún evento financiero desfavorable dentro del estado de resultados y utilidades de la empresa que pueda llegar afectar el comportamiento de una serie de activos financieros.

Según (Mascareñas J. , 2008) es una de las aplicaciones más empleadas, que permite identificar el comportamiento futuro de un portafolio determinado por intermedio del empleo de diversas

pruebas o simulaciones; sin embargo, hay que tener en la cuenta que, a la hora de aplicar la simulación, se debe tener los resultados obtenidos por los modelos anteriores, puesto que, estos factores influyen en el riesgo. Al finalizar la simulación se concluirá el Valor Económico en Riesgo a través del estudio financiero empresarial.

4.3. Modelo DCC- GARCH

Los modelos ARCH y GARCH son introducidos por (Granger & Engle, 2020) y (Bollerslev, 1990) los cuales han sido aplicados para las mediciones de volatilidad sobre las series financieras, dado que se caracterizan por ser modelos multivariados que proveen un marco general con el fin de estimar un modelo multivariado, no obstante, tiene la desventaja de requerir un alto número de parámetros para su estimación y medición,

Ahora bien, el modelo DCC-GARCH se convierte en el principal modelo econométrico para el presente trabajo de grado, dado que es el modelo más flexible, lo que proporcionará coeficientes de correlación dinámica condicional en un tiempo ajustado, es decir, a medida que pasa el tiempo se descompone¹² continuamente en una matriz donde se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

- La desviación estándar debe ser condicionada junto con la varianza.
- La covarianza debe tener una relación inversa con una correlación lineal, el cual permite medir correctamente la volatilidad.

¹² Esta descomposición suele verse afectada por la heterocedasticidad condicional existe en la mayoría de los datos financieros.

Dicho lo anterior, estas condiciones del modelo DCC son las que permiten evidenciar detalladamente los efectos contagio y los spillover volátiles que afectan el mercado sobre los retornos diarios del portafolio accionario de Ecopetrol, es un modelo multivariado, permitirá la comprensión de una serie de patrones condicionales que cambian con el tiempo, de manera dinámica, fundamental por el periodo de tiempo en que se llevará a cabo. No obstante, la correlación de las varianzas estimadas dentro del modelo GARCH debe ser significativas directamente a los rendimientos de las variables de estudio, donde las auto correlaciones de los errores deben de tener una tendencia decreciente, rechazando la hipótesis de las probabilidades.

5. Resultados

Este documento utiliza los precios mensuales de las acciones de Ecopetrol S.A (EC) y WTI que cotizan en bolsa, adicionalmente para respectivos análisis se consideró la TRM; estos datos tomados desde enero 1 de 2015 hasta diciembre 31 de 2019. El grafico 1 evidencia la relación directa entre EC y WTI, así mismo se puede evidenciar la relación inversa que tiene la TRM con EC y el WTI respectivamente.

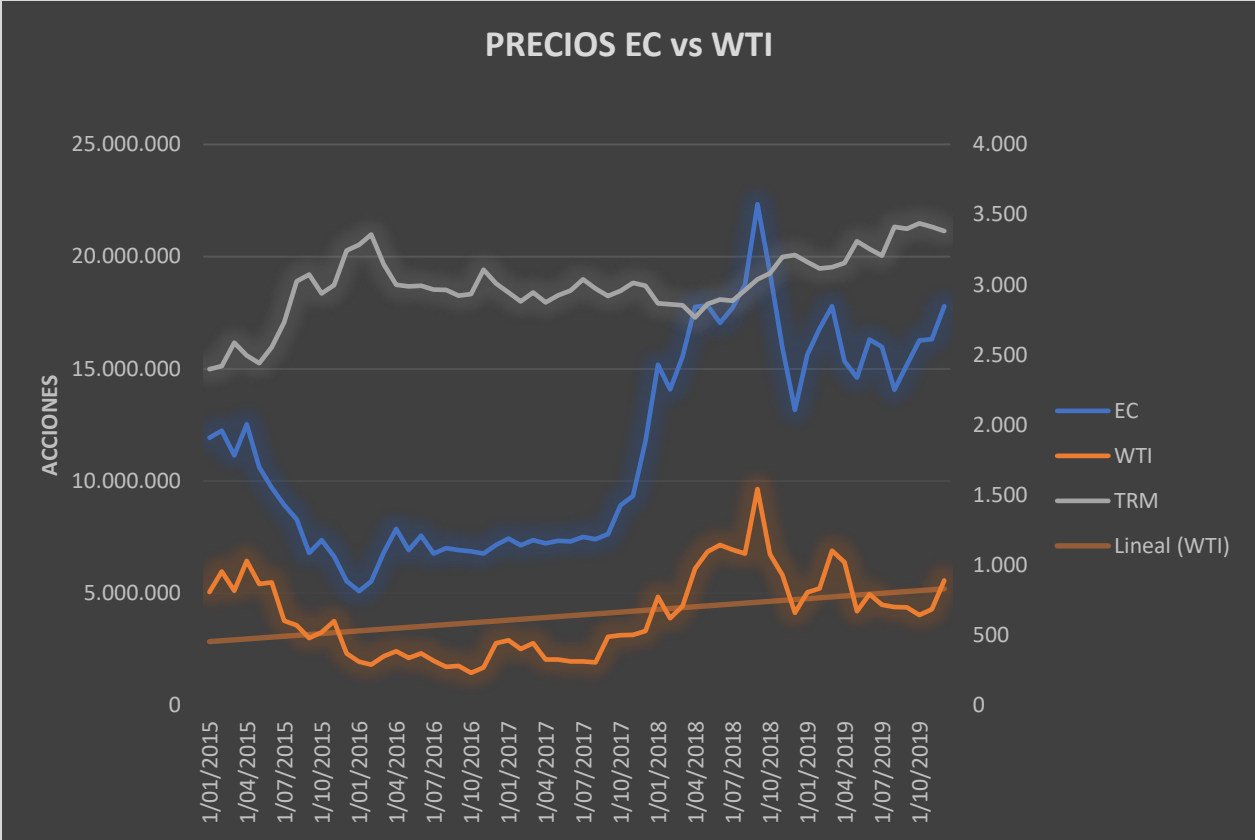


Gráfico 1 Relación Precios EC, WTI y TRM

5.1. Portafolio Accionario

5.1.1. Estimación del Value At Risk

En el grafico 2 se observa el comportamiento durante este periodo de tiempo los retornos mensuales de las acciones de Ecopetrol (EC), evidenciando los puntos en donde hubo una mayor volatilidad, es decir, una mayor dispersión de los datos, específicamente durante 2015 dado que el mercado internacional de crudo venia recuperándose de la crisis petrolera del 2014, mientras que por otra parte la referencia estadounidense West Texas Intermediate (WTI) finalizó el año 2018 a USD 45 por barril, esto se dio por el aumento de producción del crudo en EE.UU convirtiéndolo en el mayor productor de crudo a nivel mundial, lo que a su vez incrementó las exportaciones de crudo y derivados generando un exceso de oferta en el mercado internacional,

además hay que tener en cuenta las sanciones que tuvo EE.UU contra Irán en dicho año. Para el siguiente año el mercado internacional de crudo empezó a recuperarse poco a poco de esta crisis gracias a que países productores disminuyeron su producción durante los 6 primeros meses del 2019 para reducir el exceso de oferta que había en el mercado.

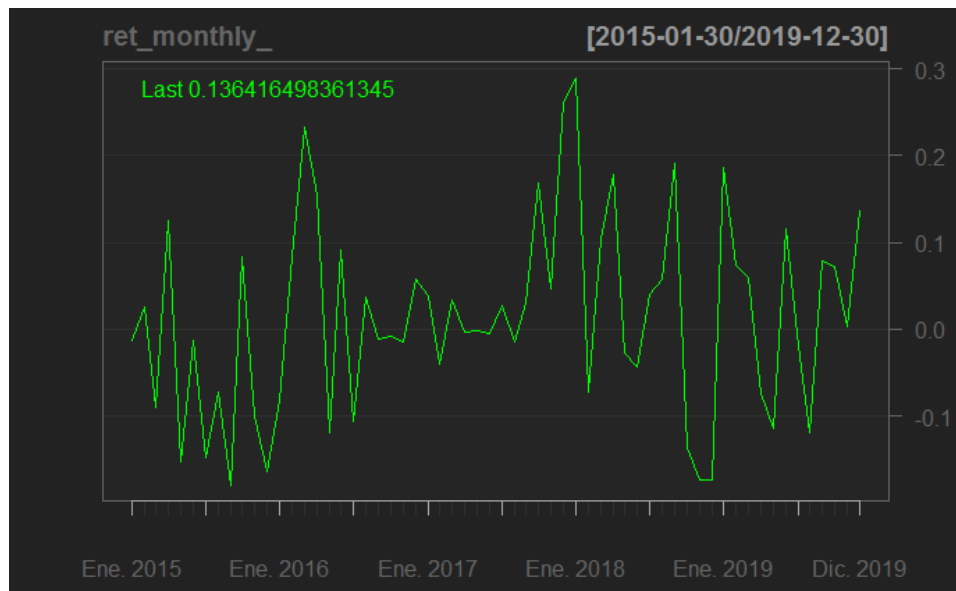


Gráfico 2 Retornos mensuales Ecopetrol. Fuente: Rstudio

Como se mencionó, la relación entre EC y WTI es directa (Apendice 3) lo cual hace que las fluctuaciones que tuvo el mercado internacional se vean reflejadas a través del efecto contagio en las acciones de Ecopetrol; por lo que la empresa durante dicho periodo de tiempo habrá asumido un valor de pérdida máximo, lo cual se calculará a través del Value at Risk (VaR).

Cabe resaltar que para el cálculo del Value at Risk, se utilizó un método histórico y también un nivel de confianza del 95%, esto según la teoría, suponiendo un mercado en condiciones normales; para dicho cálculo se utilizará dos softwares, los cuales son Rstudio y la extensión de Excel “Simulador de Montecarlo”, esto a modo de análisis y comparación de resultados. En

primera instancia y una vez calculado nuestro estimador, se obtuvo la pérdida máxima a la que estuvo expuesta la empresa Ecopetrol en esos años, la cual fue $VaR = -16.49\%$, valor el cual se podrá ver reflejado en el histograma¹³.

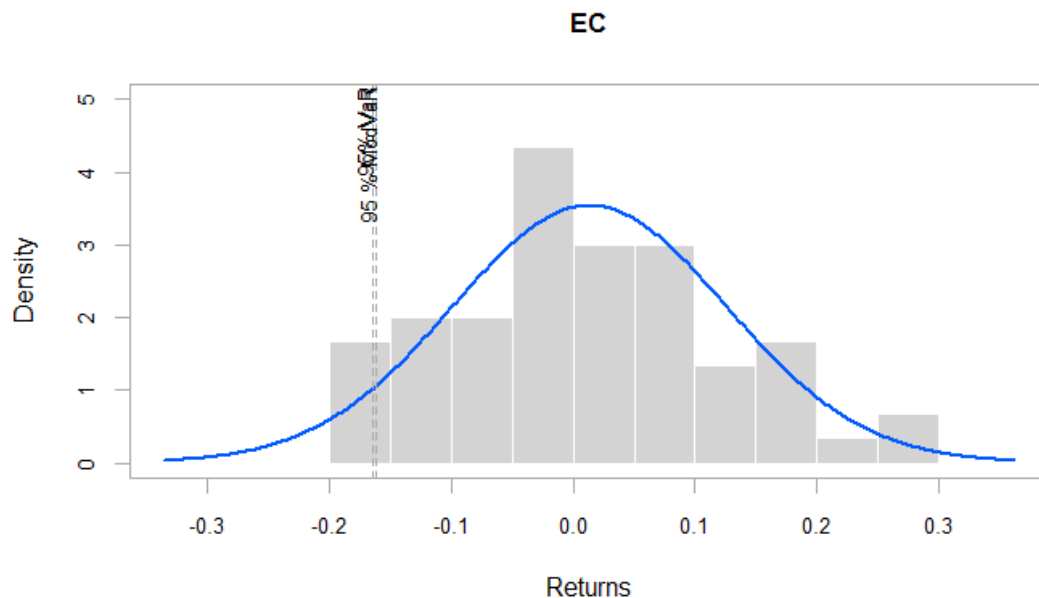


Gráfico 3 Histograma con medida de VaR. Fuente: Rstudio

Por otra parte, al momento de cálculo del Valor en Riesgo por medio del Simulador, se obtuvo que la pérdida máxima a la que se enfrentó Ecopetrol fue de $VaR = -19,78\%$, este valor se ve alterado en comparación al calculado en R studio, dado la cantidad de ensayos aleatorios que se le asignen a la simulación, en este caso fueron 5000 ensayos aleatorios o escenarios posibles (Apéndice 2)

¹³ Teniendo en cuenta que el mercado se comporta normalmente

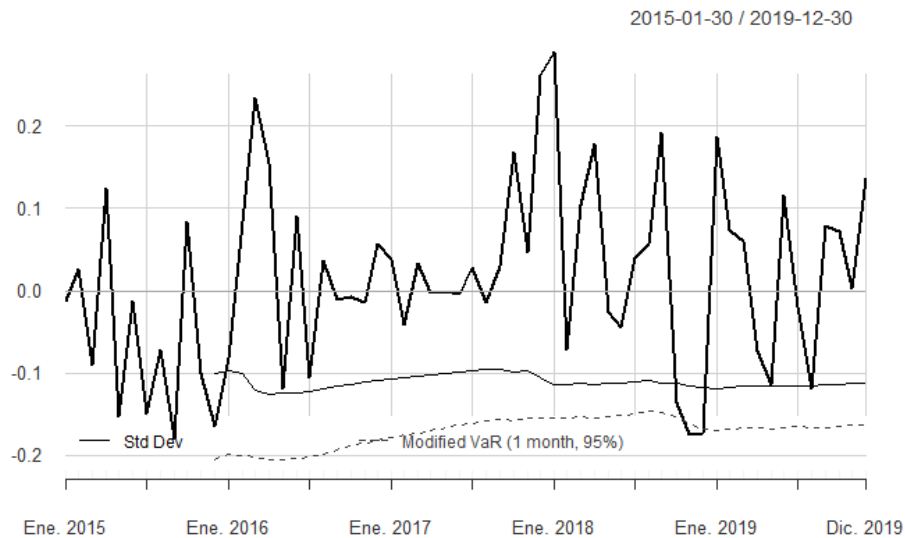


Gráfico 4 Comportamiento VaR y Desv. Estándar sobre los Retornos mensuales

En el gráfico 4 se puede evidenciar el comportamiento de los retornos mensuales y como se vio afectado a finales del año 2018 por el exceso de oferta de crudo y los bajos precios a los que se cotizaba el WTI, dado que es el punto en el cual los retornos son tan bajos que coinciden con la pérdida máxima (VaR) que pudo tener la empresa para dicho momento. Sin embargo, se puede observar que la desviación estándar no es tan volátil en comparación al paseo aleatorio que cumple los retornos mensuales.

5.1.2. Modelo DCC- GARCH

En este modelo econométrico se identificó que las variables estudio tienen un efecto de Spillover volátiles a través del software Econométrico R Studio, para lo cual se plantean las siguientes pruebas estadísticas:

- **Hipótesis Nula (H₀):** Se realiza los correspondientes cálculos del modelo GARCH realizando un Test de ARCH para observar el p- value de la prueba de efecto GARCH, en

donde se concluye que efectivamente no hay discrepancias sobre el precio de cierre de la acción de Ecopetrol (EC) y el precio del petróleo WTI (Variables Homogéneas), dando como resultado una Hipótesis Nula.

- **Prueba Estadística:** Se identificó que la significancia de esta prueba del modelo de GARCH y DCC-GARCH sobre lo planteado es de $\alpha = 5\%$, en donde se concluyó que los resultados de estos modelos estimados son menores al α y se acepta la hipótesis nula.

Por lo tanto, al realizar los cálculos correspondientes en el modelo se llevaron a cabo 2 estimaciones, el primero un test de ARCH donde se obtiene un $p - value = 0.031$, el cual es menor al $\alpha = 5\%$ y también un modelo de Correlación Dinámica Condicional para modelos GARCH multivariados (DCC-GARCH), de esta manera se rechaza H_0 y se infiere que el precio promedio del 2015 – 2019 de la acción de EC tiene una variación mínima con respecto al precio del petróleo WTI. (Ver Tabla 1)

```
> ECArchTest
```

```
ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects
```

```
data: rmEC
```

```
Chi-squared = 4.6217, df = 1, p-value = 0.03157
```

```
> WTIArchTest <- ArchTest(rmWTI, lags=1, demean=TRUE)
```

```
> WTIArchTest
```

```
ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects
```

```
data: rmWTI
```

```
Chi-squared = 1.3553, df = 1, p-value = 0.2444
```

Tabla 1 Test de ARCH

Por consiguiente, en el Grafico 5, se observan los precios de cierre de la acción de Ecopetrol y el promedio basado en el volumen, en el cual se observa un comportamiento decreciente desde el 2015 hasta enero del 2018, Según la Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA) hubo un desplome de un 65% del precio internacional del petróleo, lo que depreció la acción un 40%. Sin embargo, a inicios del 2018 aumenta el precio de WTI sobre los USD 99.21 por barril, dado a que EE.UU se posiciona como el mayor productor de crudo en el mercado internacional, factor clave en el aumento del precio de la acción de EC. Por otra parte a finales del año 2018 y principios del 2019 el precio de las acciones de EC como en los precios del WTI presenta un descenso con un precio de cierre promedio de \$ 1455.21 y USD de 50.87 respectivamente, esto se debe a una fuerte caída por el exceso de oferta que había en el mercado sus fluctuaciones negativas a comparación del año anterior tuvo una disminución del 7% teniendo su cierre en el 2019 en un 5.49%.



Gráfico 5 Precio de cierre WTI - EC

Del mismo modo, se estiman los retornos mensuales a las 2 variables estudio, como se evidencia en el grafico 6, se calculan sus rendimientos mensuales, en el cual se puede apreciar que las acciones han tenido una amplitud de oscilación mayor para el mismo periodo de tiempo (2015 – 2018), evidenciando que sus rendimientos fluctúan en una relación directa donde existe una variación temporal y obtienen unos picos crecientes a largo plazo, por consiguiente se realiza una prueba estadística donde se llevó a cabo una prueba de coeficiente de correlación, donde se evalúa la relación lineal entre las 2 variables.

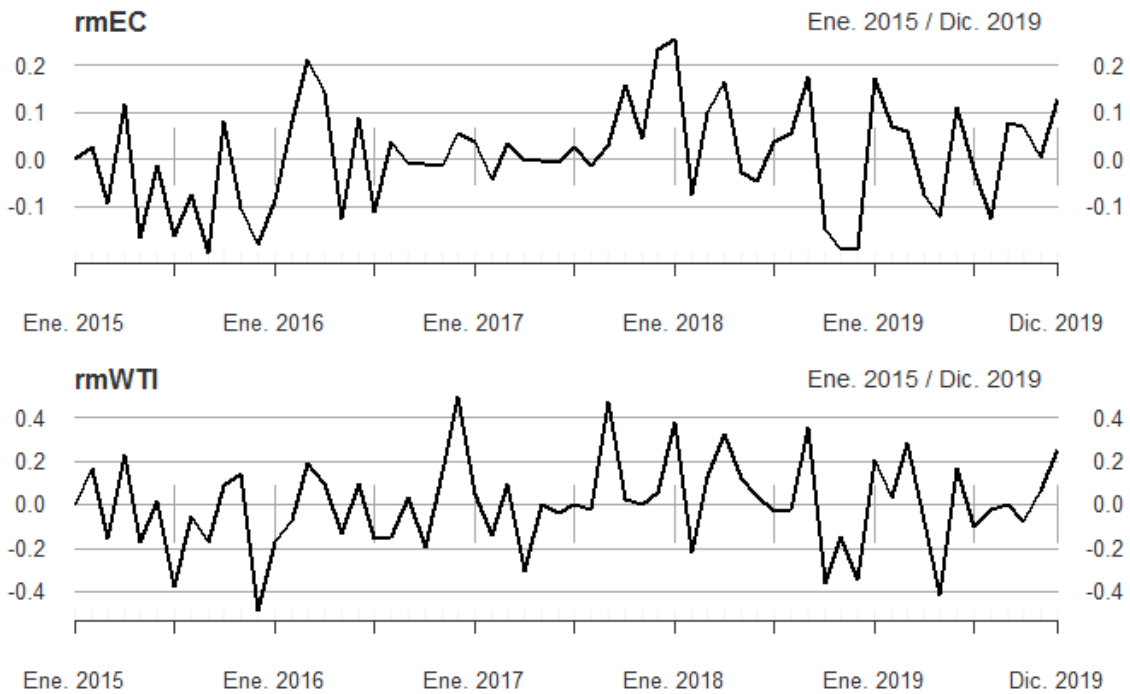


Gráfico 6 Rendimientos mensuales EC - WT

Coefficientes de correlación múltiple en R

WTI

```

*-----*
*           GARCH Model Fit           *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model      : sGARCH(1,1)
Mean Model       : ARFIMA(1,0,1)
Distribution      : norm

Optimal Parameters
-----
      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu      0.000335   0.021839   0.015324 0.98777
ar1     0.467583   0.625870   0.747092 0.45501
ma1    -0.561485   0.579914  -0.968221 0.33293
omega   0.003707   0.002955   1.254198 0.20977
alpha1  0.000000   0.011297   0.000000 1.00000
beta1   0.913084   0.177001   5.158645 0.00000

Robust Standard Errors:
      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu      0.000335   0.021323   0.015695 0.98748
ar1     0.467583   0.365169   1.280457 0.20038
ma1    -0.561485   0.359675  -1.561090 0.11850
omega   0.003707   0.007200   0.514817 0.60668
alpha1  0.000000   0.004086   0.000000 1.00000
beta1   0.913084   0.171603   5.320910 0.00000

```

```

*-----*
*           GARCH Model Fit           *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model      : sGARCH(1,1)
Mean Model       : ARFIMA(2,0,2)
Distribution      : norm

Optimal Parameters
-----
      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu      0.003336   0.026133   0.127652 0.89843
ar1    -1.870160   0.007452 -250.957651 0.00000
ar2    -1.051776   0.010883  -96.645871 0.00000
ma1     1.880996   0.005048  372.650184 0.00000
ma2     1.069592   0.006251  171.111159 0.00000
omega   0.000023   0.005667   0.004056 0.99676
alpha1  0.000000   0.143292   0.000000 1.00000
beta1   0.998999   0.044334  22.533425 0.00000

Robust Standard Errors:
      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu      0.003336   0.024181   0.137956 0.89028
ar1    -1.870160   0.004214 -443.801856 0.00000
ar2    -1.051776   0.008441 -124.602530 0.00000
ma1     1.880996   0.003797  495.342749 0.00000
ma2     1.069592   0.002906  368.006812 0.00000
omega   0.000023   0.006038   0.003807 0.99696
alpha1  0.000000   0.140315   0.000000 1.00000
beta1   0.998999   0.057269  17.443978 0.00000

```

EC

```

*-----*
*           GARCH Model Fit           *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model      : sGARCH(1,1)
Mean Model       : ARFIMA(1,0,1)
Distribution      : norm

Optimal Parameters
-----
      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu      0.007646   0.016265   0.470071 0.63830
ar1     0.171797   0.862687   0.199142 0.84215
ma1    -0.048621   0.872459  -0.055729 0.95556
omega   0.000060   0.000611   0.098499 0.92154
alpha1  0.000000   0.038913   0.000000 1.00000
beta1   0.994902   0.077779  12.791398 0.00000

Robust Standard Errors:
      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu      0.007646   0.016434   0.465233 0.64177
ar1     0.171797   0.867792   0.197971 0.84307
ma1    -0.048621   0.874328  -0.055610 0.95565
omega   0.000060   0.000732   0.082242 0.93445
alpha1  0.000000   0.025679   0.000001 1.00000
beta1   0.994902   0.085206  11.676425 0.00000

```

```

*-----*
*           GARCH Model Fit           *
*-----*

Conditional Variance Dynamics
-----
GARCH Model      : sGARCH(1,1)
Mean Model       : ARFIMA(2,0,2)
Distribution      : norm

Optimal Parameters
-----
      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu      0.011006   0.015809   0.696167 0.486324
ar1    -1.288434   0.788628  -1.633765 0.102308
ar2    -0.346665   0.667831  -0.519092 0.603697
ma1     1.443266   0.744294   1.939106 0.052488
ma2     0.531199   0.598824   0.887070 0.375041
omega   0.000569   0.008211   0.069308 0.944744
alpha1  0.000000   0.015459   0.000000 1.000000
beta1   0.950403   0.713145   1.332693 0.182633

Robust Standard Errors:
      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu      0.011006   0.015408   0.714303 0.47504
ar1    -1.288434   1.788714  -0.720313 0.47133
ar2    -0.346665   1.546624  -0.224143 0.82265
ma1     1.443266   1.663412   0.867654 0.38558
ma2     0.531199   1.378769   0.385270 0.70004
omega   0.000569   0.018360   0.030995 0.97527
alpha1  0.000000   0.032041   0.000000 1.00000
beta1   0.950403   1.577251   0.602569 0.54680

```

Tabla 2 Correlaciones Múltiples WTI – EC

En la tabla 2, se realiza el cálculo correspondiente de la correlación múltiple en Rstudio con 2 modelos condicionados (1,0,1) y (2,0,2), en el cual, se evidencia que existe una correlación positiva entre las variables:

EC (1, 0, 1) su correlación es $\beta_1 = 99.49\%$; WTI (1, 0, 1) correlación es $\beta_2 = 91,30\%$

EC (2, 0, 2) su correlación es $\beta_1 = 95.04\%$; WTI (2, 0, 2) correlación es $\beta_2 = 99,89\%$

La cual indica que existe una correlación alta entre sus variables, es decir que tienen alta volatilidad, para el β_1 con una desviación estándar del 7.77% y su varianza es de 0.603%, se concluye que la variación es muy baja entre la variable tiempo y el precio de cierre de la acción de Ecopetrol, a comparación del β_2 , con una desviación estándar del 0.75% y su varianza es de 0.0056% he indica que la variación es más baja a comparación de la anterior indicado al precio de cierre de petróleo WTI (Apéndice 6), finalmente se concluye que el modelo correlacionado hallando la ecuación final del modelo como resultado:

$$r_i = \alpha + \beta r_m$$

Se calcula la regresión simple (Apéndice 8), identificando la correlación total del Modelo de GARCH junto con la rentabilidad que el portafolio accionario trae al inversionista, con el fin de identificar los beneficios de los índices bursátiles, siendo así el resultado final es:

$$r_i = 0.00683 + 0,381337(0,3813)$$

$$r_i = 15,22\%$$

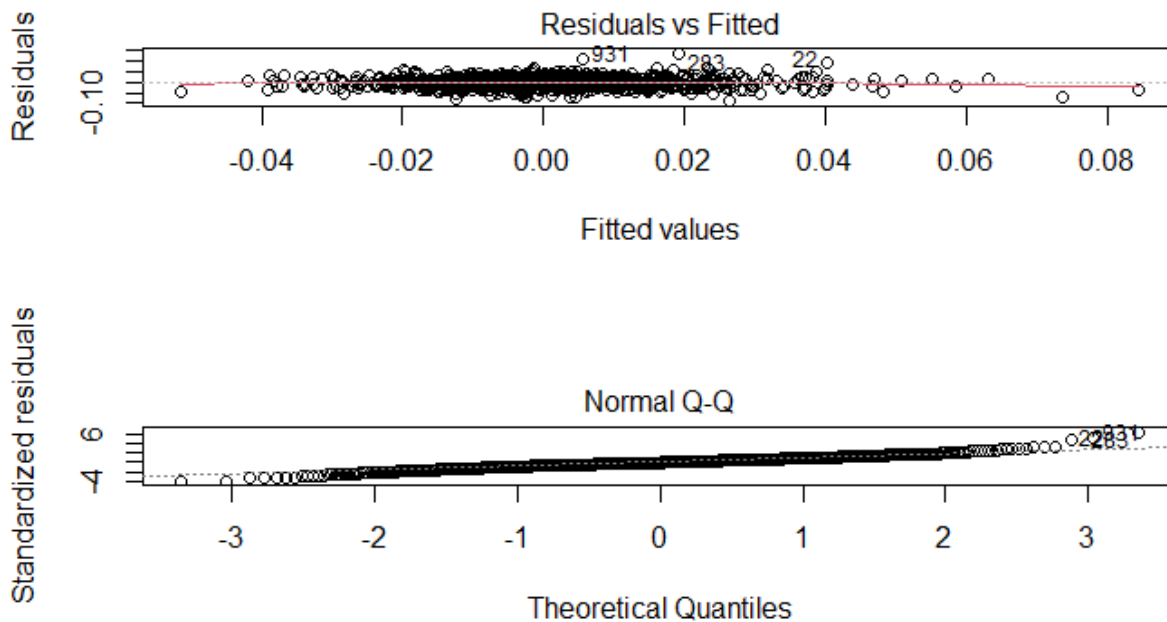


Gráfico 7 Regresión lineal

Se concluye que el retorno del modelo da como resultado el 15%, eso quiere decir que el exceso del retorno del portafolio de accionarios tiene poca relación con la tasa libre del riesgo, con un alto ratio y variables sensibles del portafolio deduciendo una alta volatilidad con una tendencia trazada a través de una regresión simple en series temporales.

Sin embargo se realiza el cálculo de los residuos al cuadrado, este demuestra que hay tendencia estacional brusca, donde se observa que la correlación de estas dos variables tienen una volatilidad intensa entre Julio del 2016 a Junio del 2017, con la duración de 1 año lo cual se identifica con la comparación histórica que era el lapso de tiempo que se está recuperando las acciones de Ecopetrol junto con los altibajos del precio del petróleo, es allí donde identificamos el efecto contagio, esto dado que por la variabilidad del precio del petróleo sufre de volatilidad las acciones de Ecopetrol.(Ver Gráfico 7)

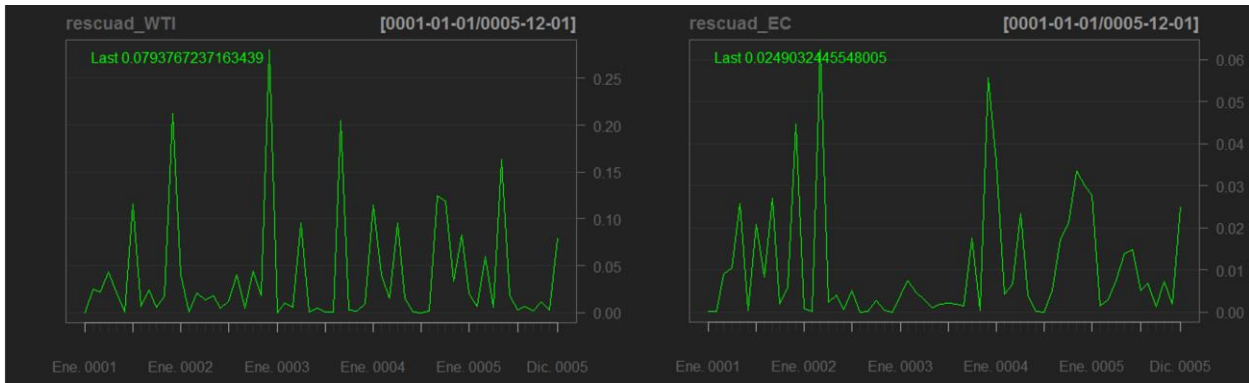


Gráfico 8 Residuos de WTI – EC

Condición del multivariado DCC - GARC

Posteriormente, una vez realizado los cálculos del modelo general de GARCH (1,0,1) (2,0,2) se procede a calcular las estimaciones condicionadas del modelo multivariado DCC, donde podemos observar la matriz identidad significativa con la relación de WTI y EC, en el cual se observa en el modelo generalizado (Ver Tabla 3) que todos los parámetros estimados son positivos y estadísticamente significativos, con una probabilidad de distribución normal del 0.05. Así mismo se observa que el valor del parámetro $\beta = 51,17\%$ es mayor que en el modelo anterior, es decir, su correlación aumenta junto con su varianza que no crece de forma indefinida, exponiendo un coeficiente de retardo de la varianza condicional el cual es mayor al coeficiente de estándar error, deduciendo que no crece de forma indefinida y que hay estacionalidad de los choques en las variables de estudio para los efectos de largo plazo, infiriendo que la volatilidad no decaerá rápidamente sino que tenderá a permanecer y su efecto se irá desvaneciendo poco a poco.

```
> cor1[, ,dim(cor1)[2]]
      rdWTI      rdEC
rdWTI 1.0000000 0.5117806
rdEC  0.5117806 1.0000000
```

Ilustración 2 Matriz Identidad. Fuente: Rstudio

```
*-----*
*      DCC GARCH Forecast      *
*-----*

Distribution      : mvnorm
Model             : DCC(1,1)
Horizon           : 10
Roll Steps        : 0
-----

0-roll forecast:

First 2 Correlation Forecasts
, , 1

      [,1] [,2]
[1,] 1.0000 0.5353
[2,] 0.5353 1.0000

, , 2

      [,1] [,2]
[1,] 1.0000 0.5351
[2,] 0.5351 1.0000

. .
. .

Last 2 Correlation Forecasts
, , 1

      [,1] [,2]
[1,] 1.0000 0.5344
[2,] 0.5344 1.0000

, , 2

      [,1] [,2]
[1,] 1.0000 0.5343
[2,] 0.5343 1.0000
```

Tabla 3 Modelo DCC-GARCH

Por consiguiente, al analizar su correlación significativa, demostramos la existencia de una correlación condicionada dinámica entre los retornos mensuales de EC y WTI, evidenciando los rezagos que deja la crisis del mercado internacional de crudo en los diferentes periodos y el efecto contagio que este ejerce sobre las acciones de EC; presenciando una estacionalidad brusca, concluyendo que el movimiento de los retornos mensuales no tienen coeficientes negativos pero si son cambiantes con una alta persistencia

de correlación cercana al 99%; de esta forma se confirma la presencia del efecto contagio sobre el precio de cierre de las acciones de EC.(Ver Gráfico 8).

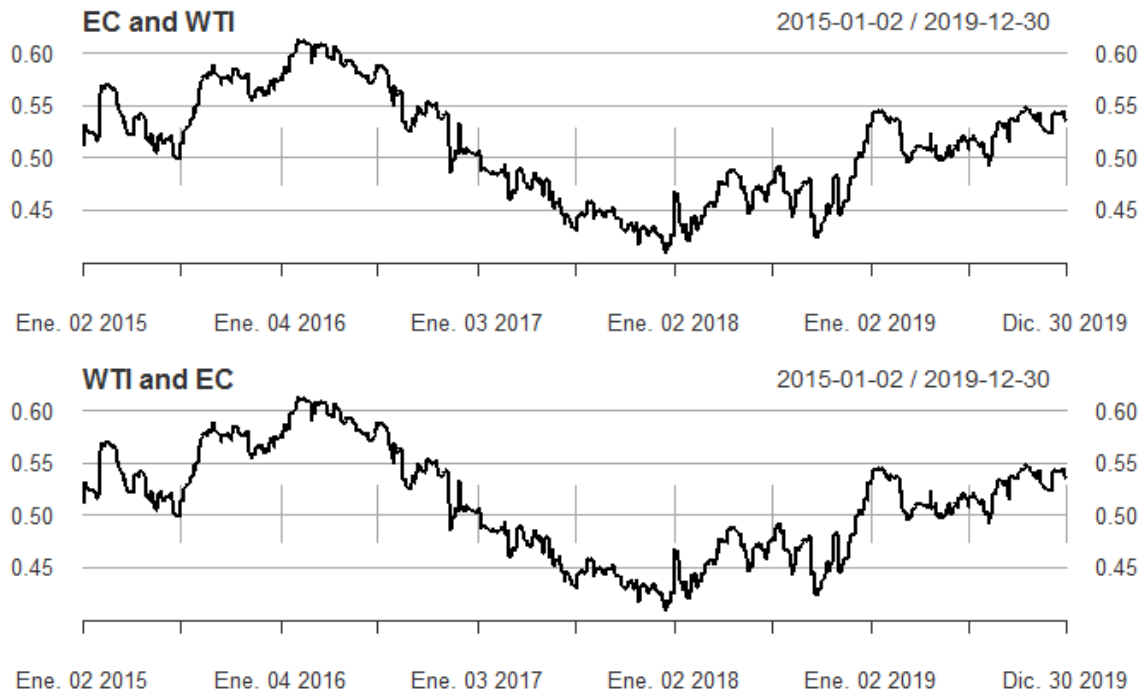


Gráfico 9 Correlación EC y WTI

Finalmente, a modo de comparación se calcula el mismo modelo con el Simulador de Montecarlo con el fin de identificar lo mismo que en el GARCH de Rstudio, en este caso se concluye que las variables de EC y WTI están expuestas a efectos Spillover, donde se confirma que la volatilidad si posee estos efectos y que tiene amplias fluctuaciones, debido a las pruebas de estacionalidad se determinó que el comportamiento de las auto correlación de EC y WTI están asociados a la probabilidad del 5%, realizando un análisis de estadística descriptiva sobre los conjuntos de retornos mensuales donde se identifica que el $\beta = 44,05\%$ y $\alpha = 36,66\%$ confirmando que sin importar el modelo que se utilice se encuentra con una correlación media, con una rentabilidad baja en la participación del portafolio

accionario, en la gráfica 9 se confirma el pronóstico de volatilidad mensual, evidenciando que cumple un paseo aleatorio el cual es similar al grafico obtenido en el Rstudio.(Apéndice 6)

GARCH Modelo (P,Q)	1,1	Periodicidad (Periodos/Año)	12
Optimización Alfa	0,3666	Base Predictiva	1
Optimización Beta	0,4405	Pronostique Periodos	1
Optimización Omega	0,0023	Variación Targeting	VERDADERO

Tabla 4 Coeficientes GARCH. Fuente: Simulador Montecarlo

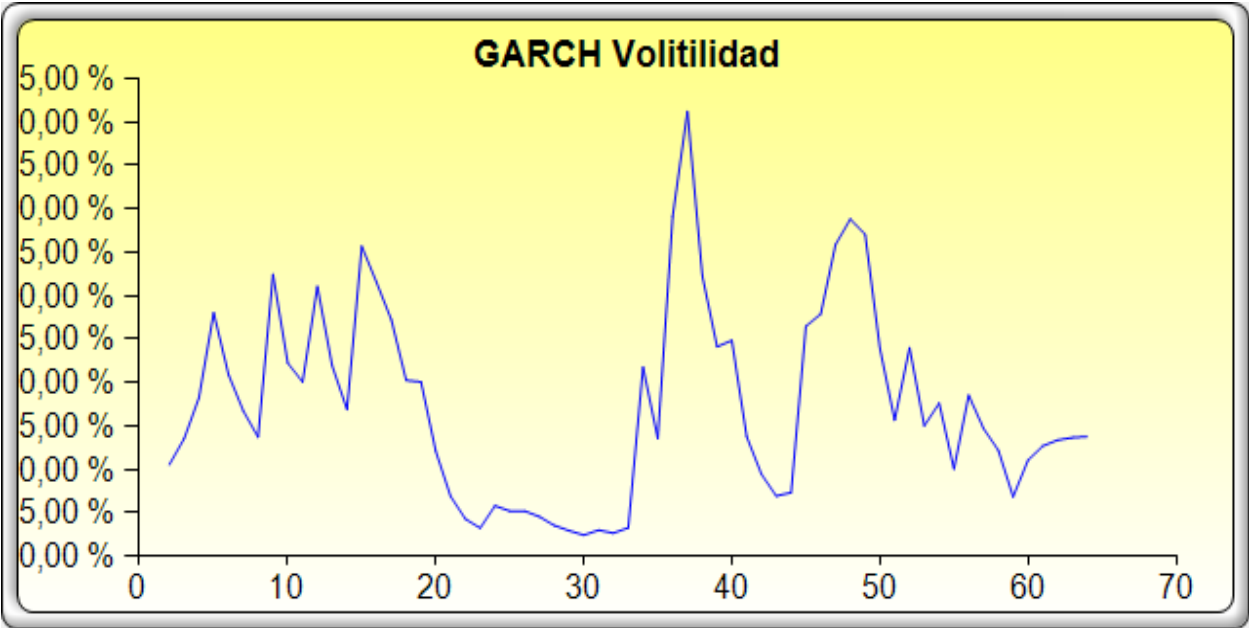


Gráfico 10 Volatilidad GARCH. Fuente: Simulador de Montecarlo

5.2. Portafolio Financiero

5.2.1. Simulador de Montecarlo

Ahora bien, una vez analizado el portafolio accionario y sin dejar de lado el portafolio financiero se obtuvo los Estados de Resultados o comúnmente llamado Estado de Pérdidas y Ganancias de la empresa Ecopetrol de los años 2015-2019 (Apéndice 12 y 13), esto con el propósito de modelar una simulación con 5000 ensayos/escenarios posibles a través del

Simulador de Montecarlo, teniendo en cuenta la media anual de cada uno de los datos y también la desviación estándar respectiva. Esto con el fin de determinar el comportamiento a través del histograma (Grafico 10) que hubiera tenido la Utilidad Neta en condiciones normales, es decir, si no se hubiese presentado la emergencia sanitaria causada por el COVID-19. Cabe resaltar que la empresa durante dicho periodo de tiempo tuvo un crecimiento promedio del 28,73%; al hacer la simulación con un nivel de confianza del 5%, se evidencia que el valor mayor que se esperaba que tuviese la Utilidad Neta en el año 2020 sería de \$15.150.636, lo que representa una variación del 4,47% respecto al año anterior.

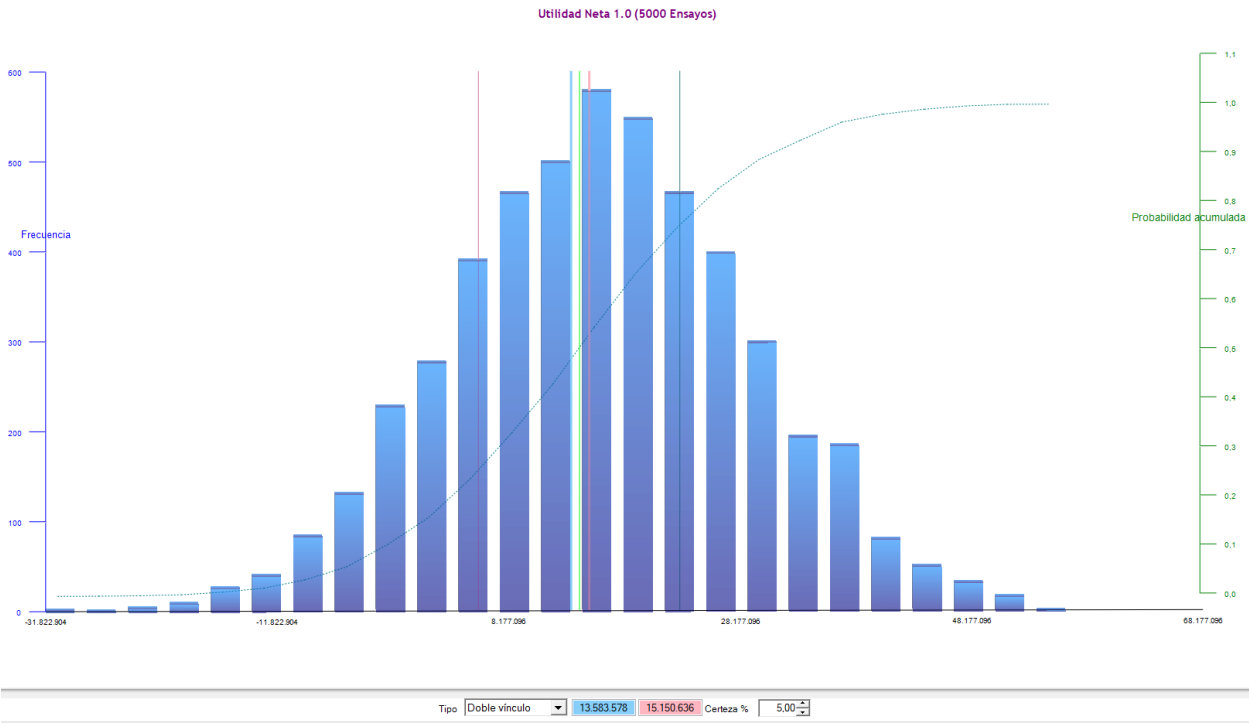


Gráfico 11 Histograma Portafolio Financiero. Fuente: Simulador Montecarlo

En la Tabla 5 se puede observar los estadísticos para dicha simulación, así mismo la media que se establece y también la desviación estándar que tiene el modelo simulado. Esto nos lleva a entender que la empresa aun se venía recuperando de poco a poco de la crisis pasada. Sin embargo, en la realidad a principios de la pandemia se volvió a dar una crisis

dada por el precio del almacenamiento y la constante que se mantuvo en el nivel de producción de crudo a nivel internacional.

Estadísticas	Resultado
Número de Pruebas	5000
Media	14.505.118,8075
Mediana	14.454.264,1635
Desviación Estándar	12.517.690,4029
Variación	1,566926E+014
Coefficiente de Variación	0,8630
Máximo	62.158.875,0396
Mínimo	-30.051.827,9779
Rango	92.210.703,0175
Asimetría	0,0021
Curtosis	0,0844
25% Percentil	6.157.443,2728
75% Percentil	22.730.035,6799
Precisión de Error al 95% de Confian...	2,3920%

Tabla 5 Estadísticas Portafolio Financiero. Fuente: Simulador Montecarlo

6. Conclusiones

Consecuente a los cálculos correspondientes de los modelos econométrico y financieros del portafolio accionario y financiero de Ecopetrol, surge la expectativa sobre los comportamientos de la acción de Ecopetrol en el mercado de valores en el periodo de tiempo analizado, ya que se logró comprobar que las variables estudio si demuestra un comportamiento con alta volatilidad, y no solo eso, si no que se experimenta efectos spillover y efecto contagio. Los informes de Ecopetrol no presenta ni los mencionan, siendo así, que seguramente estos principios han sido un reto para la empresa y más sabiendo que durante el tiempo evaluado surgieron crisis que afectaron de forma drástica estas variables; ahora bien después de los respectivos análisis se establece que la relación en el largo plazo entre la acción de Ecopetrol y los precios WTI, los cuales según la evidencia empírica, son

los precios que más responden a las condiciones del mercado internacional se comprueba una correlación estacionaria.

Se realizaron modelos de VaR para determinar la pérdida máxima que puede tener el portafolio accionario de Ecopetrol, donde se concluye que el Valor en Riesgo al que se enfrentaba Ecopetrol era del -16,49%, dicha pérdida sí se alcanzó tras la crisis del 2018, pues sus retornos mensuales fueron tan bajos que alcanzaron a experimentar la pérdida máxima del portafolio, del mismo modo se realizó el modelo de GARCH multivariado condicionado donde se infiere que el precio de la variable WTI tiene una correlación alta, por lo cual se infiere la relación directa con la variable del precio de la acción de Ecopetrol, dado que es posible que el comportamiento de la acción se deba a factores externos promovidos por el precio del petróleo, así afirmando que la volatilidad externa conlleva efectos Spillover y la volatilidad interna efectos contagio desde un mismo portafolio; es por eso que también se pronosticó con el Simulador de Montecarlo, con fines analíticos el año 2020 del portafolio accionario ya que la acción llevaba un comportamiento inestable, a pesar de que a finales del 2019 tuvo una tendencia estacional brusca se detectó que hubiera sido un buen año para las acciones de Ecopetrol; así mismo se realiza la análisis evaluativo para lo financiero donde a través del Estado de Resultados se determinó que la Utilidad Neta que se pronosticaba para el siguiente año, en condiciones normales, se hubiera mantenido el nivel de crecimiento anual que tenía Ecopetrol, el cual hubiese sido en promedio del 23.88%, todo esto si no se tuvieran en cuenta factores externos como la pandemia y el aumento en los precios de almacenamiento de crudo dado por el confinamiento estricto a principios del 2020.

7. Bibliografía

- Albarracín Muñoz, M., García Arenas, L. F., & García, C. J. (2017). Riesgo financiero: Una aproximación cualitativa al interior de la Mipymes en Colombia. 139-160.
- Alonso, & Berggrun. (2015). Introducción al análisis de riesgo financiero. *Ecoe Ediciones*.
- Alonso, J. C. (2005). *INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO*. Valle del Cauca, Colombia: Departamento de Economía - Universidad ICESI.
- Boada, A. J., & Mayorca Hernández, R. L. (2018). Múltiplos financieros bayesianos para valorar acciones de empresas que comercializan commodities. Caso: Ecopetrol. *Revista Lasallista de investigación*, 121 a 129.
- Bollerslev, T. (1990). Modelling the Coherence in Short-Run Nominal Exchange Rates: A Multivariate Generalized Arch Model. *The Review of Economics and Statistics*, 498-505.
- Cabrera Rodríguez, W. A., & Parra Amado, D. (2014). Relación entre el riesgo sistémico del sistema financiero y el sector real: un enfoque FAVAR. *Revista Scielo*.
- Carabalí, J. (2009). *Aplicación de una metodología de medición del riesgo*.
- De Lara Haro. (2008). *Medición y control de riesgos financieros. Incluye riesgo de mercado y de crédito*.
- Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2008). *Measuring Financial Asset Return and Volatility Spillovers, with Application to Global Equity Markets*. the economic journal.
- Diebold, F., & Yilmaz, K. (2012). Es mejor dar que recibir: medición direccional predictiva de los efectos indirectos de la volatilidad. *Revista Internacional de Pronósticos*, 57 - 66.
- Gallón, K., & Gómez, S. (2007). "Distribución condicional de los retornos de la tasa de cambio colombiana: un ejercicio empírico a partir de modelos GARCH multivariados. *Revista de Economía del Rosario*.
- Gitman, & Joehnk. (2009). *Fundamentos de inversiones*. Pearson Educación.
- Granger, & Engle. (2020). *Econometría de las series de tiempo, cointegración y heteroscedasticidad condicional autoregresiva*.
- Jimenez, C. (2009). *Aplicación de una metodología de medición del riesgo*. Bogotá.
- Jimenez, V. (2007). *Aplicación de una metodología de gestión de riesgo financiero de mercado para construir indicadores de medición en empresas del sector real*.
- Jorion. (2006). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. . McGraw-Hill Education.
- Lotero, S. (2007). *Teoría del riesgo en mercados financieros: una visión teórica*. Universidad del Bosque.

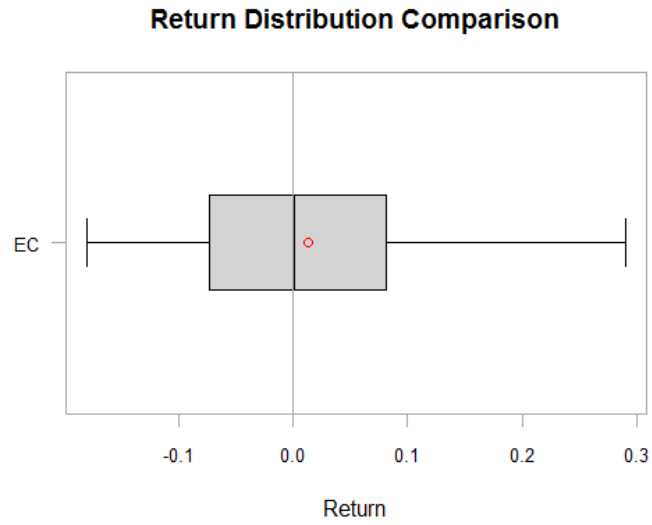
- Lotero, S. (2007). *Teoría del riesgo en mercados financieros: una visión teórica*. Universidad del Bosque.
- Mascareñas. (2008). Riesgos Económico y Financiero. . *Universidad de Madrid*.
- Mascareñas, J. (2008). *Monografías sobre Finanzas Corporativas Introducción al VaR*.
- Mendez Delgado. (2018). Algunos determinantes de la propensión a la innovación de productos en México: el efecto del gasto en I&D y los spillovers de conocimientos. *Revista Scielo*.
- Mesa, D. C. (2010). Spillovers de volatilidad entre tasa de interés y tasa de cambio en Colombia, 2003-2009. *Universidad del Rosario*.
- Moncada, F. P. (2015). *Simulación de Sistemas Simulación Montecarlo*.
- Mondria , J., & Quintana Domeque, C. (2012). Financial Contagion and Attention Allocation. *The Economic Journal*, 429- 454.
- Rigobon, R. (2016). Contagion, Spillover and Interdependence. *ECB Working*.
- Rojas Gómez, C. T. (2012). *Análisis de la estrategia de Ecopetrol antes del año 2002*.
- Ross, Westerfield, & Jaffe. (2012). *Finanzas Corporativas*.
- Sala i Martin. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*.
- Sánchez Galán, J. (2016, Febrero 07). *Economipedia.com*. From <https://economipedia.com/definiciones/banco-de-pagos-internacionales-bis.html>
- Sanz, J. S. (2006). Métodos clave para calcular el Valor en Riesgo. *Estretega Financiera N 230*).
- Uribe Correa, S. (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*. ARFO Editores e Impresores Ltda.
- Urteaga, & Izagirre. (2013). La construcción social del riesgo. . *Revista de metodología de ciencias sociales. EMPIRIA*, 147-170.
- Vargas Paez, A. C. (2019). Asymmetric Volatility Spillovers of Financial Markets:An Application to Colombia. *Universidad Nacional*.

8. Web grafía

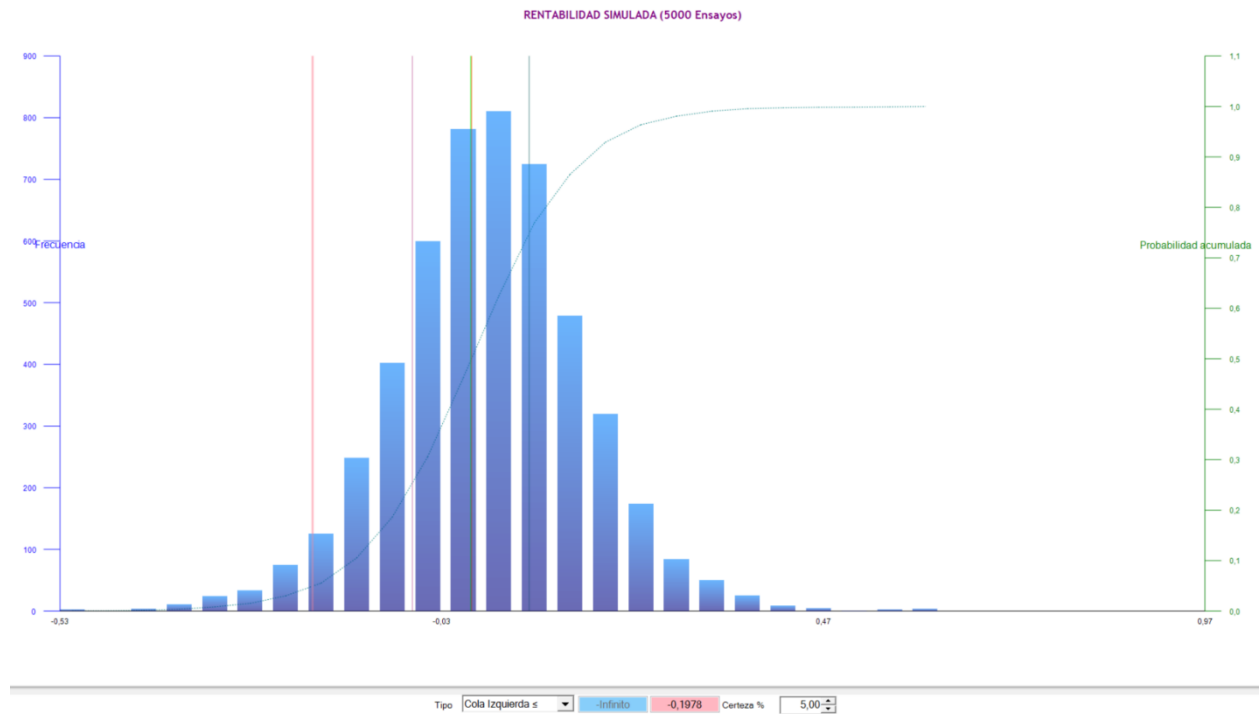
- ✓ <https://conganat.uninet.edu/IVCVHAP/PDF/C020.pdf>

9. Apéndice

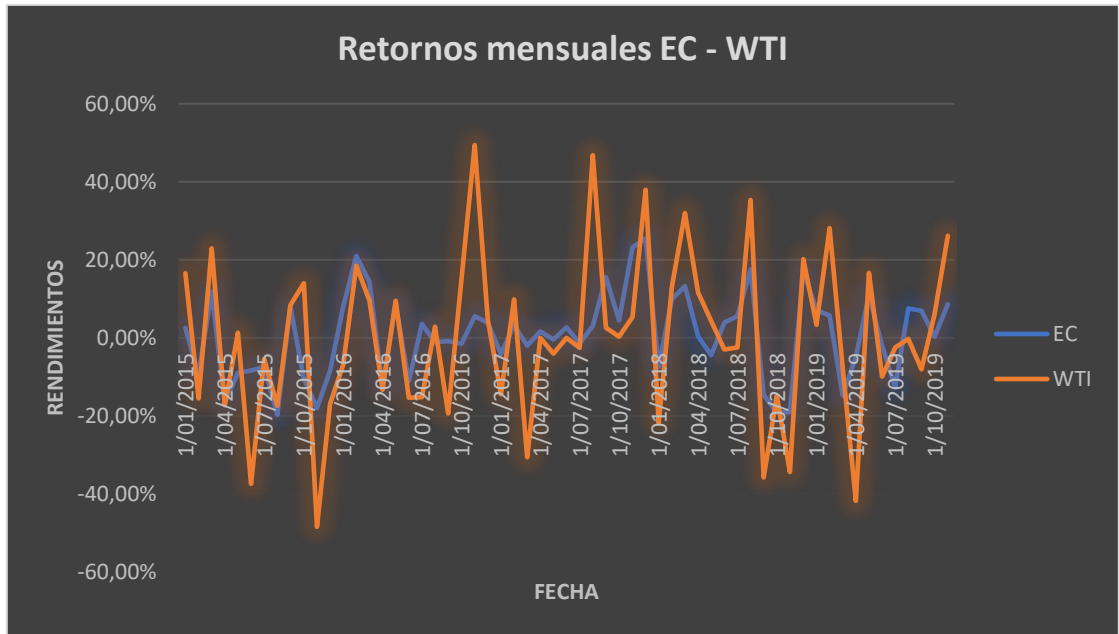
Apéndice 1 Diagrama de cajas y bigotes sobre los retornos mensuales



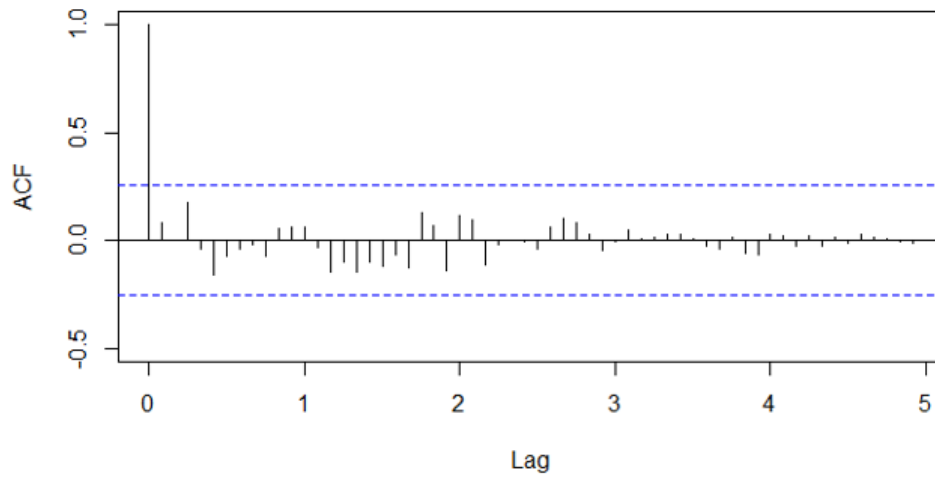
Apéndice 2 Histograma con medida de VaR. Simulador de Montecarlo



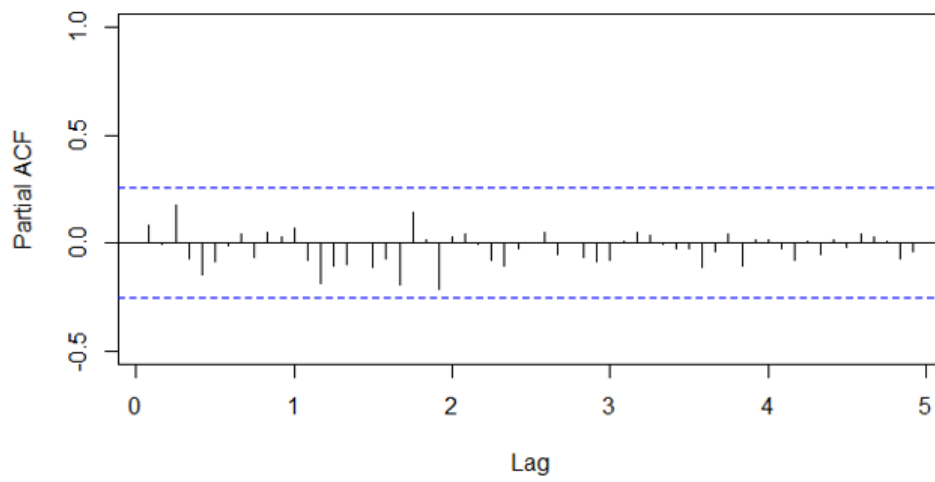
Apéndice 3 Retornos mensuales EC- WTI



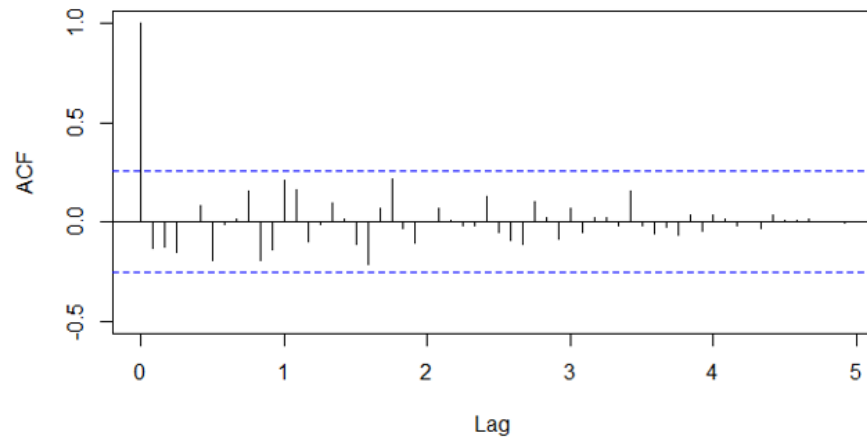
ACF Residuales al Cuadrado



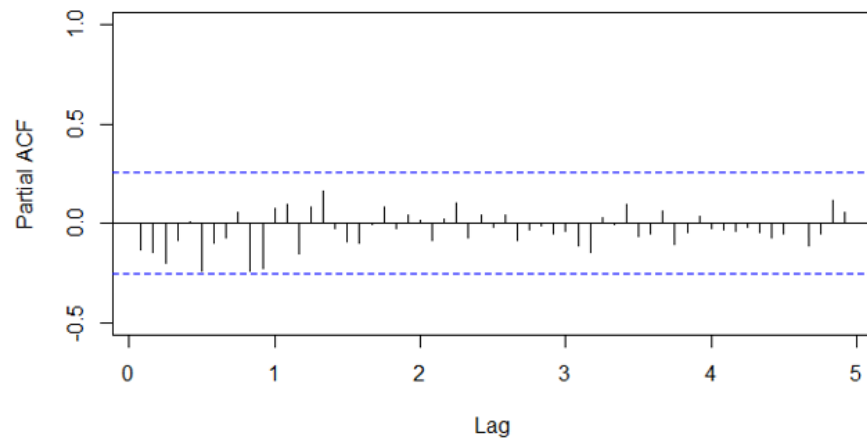
PACF Residuales al Cuadrado



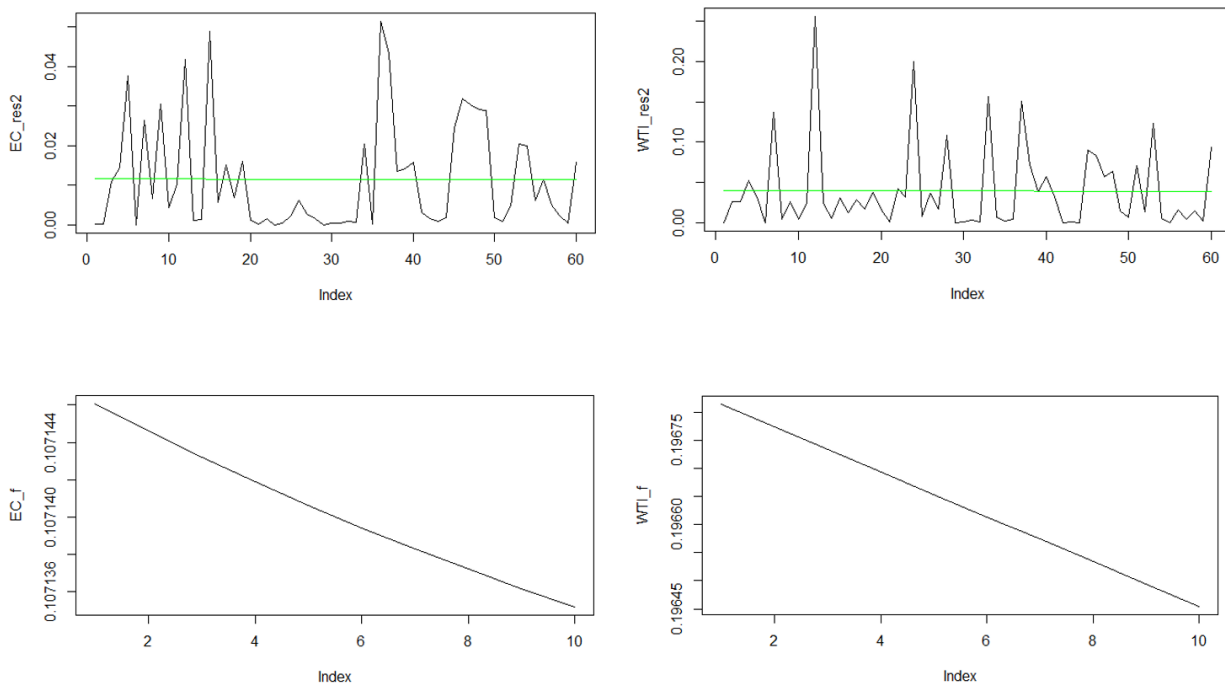
ACF Residuales al Cuadrado



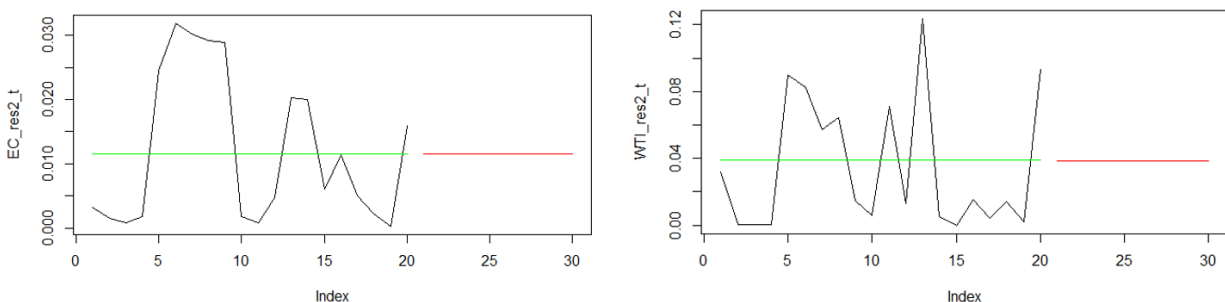
PACF Residuales al Cuadrado



Apéndice 6 Demostración de la varianza con Residuales



Apéndice 7 Demostración de la varianza condicionada con residuales



Apéndice 8 Regresión simple

```
Call:
lm(formula = rmEC ~ rmWTI)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.16535 -0.05389  0.00286  0.04384  0.20513

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 0.006834  0.010195   0.670   0.505
rmWTI       0.381338  0.049855  7.649 2.378e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.07897 on 58 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5022,    Adjusted R-squared:  0.4936
F-statistic: 58.51 on 1 and 58 DF,  p-value: 2.378e-10
```



```

> CAPM.beta(rmEC, rmWTI)
[1] 0.3813379
> CAPM.alpha(rmEC, rmWTI)
[1] 0.006833992

```

Apéndice 9 Coeficientes EC- WTI

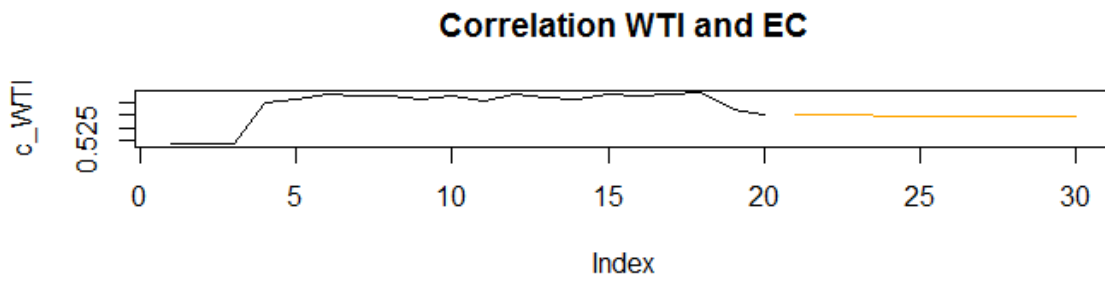
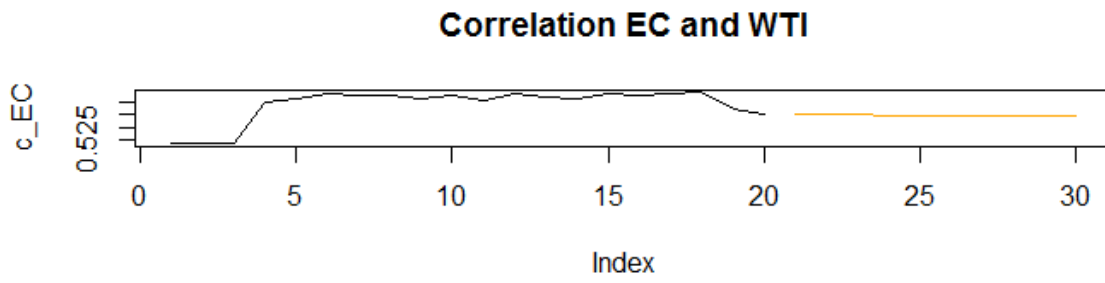
```

> EC_garch2@fit$coef
      mu      ar1      ar2      ma1      ma2      omega
1.100576e-02 -1.288434e+00 -3.466654e-01 1.443266e+00 5.311988e-01 5.690695e-04
      alpha1      beta1
8.677879e-17 9.504032e-01
> WTI_garch2@fit$coef
      mu      ar1      ar2      ma1      ma2      omega
3.335915e-03 -1.870160e+00 -1.051776e+00 1.880996e+00 1.069592e+00 2.298565e-05
      alpha1      beta1
4.469363e-12 9.989990e-01

```

Apéndice 10 Modelo Generalizado GARCH

<pre> > EC_fore *-----* * GARCH Model Forecast * *-----* Model: sGARCH Horizon: 10 Roll Steps: 0 Out of Sample: 0 0-roll forecast [T0=Dic. 2019]: Series Sigma T+1 0.036136 0.1071 T+2 0.005094 0.1071 T+3 0.009911 0.1071 T+4 0.014465 0.1071 T+5 0.006928 0.1071 T+6 0.015061 0.1071 T+7 0.007195 0.1071 T+8 0.014510 0.1071 T+9 0.007812 0.1071 T+10 0.013906 0.1071 </pre>	<pre> > WTI_fore *-----* * GARCH Model Forecast * *-----* Model: sGARCH Horizon: 10 Roll Steps: 0 Out of Sample: 0 0-roll forecast [T0=Dic. 2019]: Series Sigma T+1 0.106878 0.1968 T+2 -0.122098 0.1968 T+3 0.129014 0.1967 T+4 -0.099775 0.1967 T+5 0.063984 0.1967 T+6 -0.001636 0.1966 T+7 -0.051153 0.1966 T+8 0.110469 0.1965 T+9 -0.139710 0.1965 T+10 0.158175 0.1965 </pre>
--	--



Ecopetrol S. A.

Estado de ganancias y pérdidas consolidado

(Expresados en millones de pesos colombianos, excepto la utilidad (pérdida) básica por acción que está expresada en pesos completos)

	Nota	Por los años terminados al 31 de diciembre de		
		2017	2016	2015
Ingresos por ventas	25	55,210,224	47,732,350	52,090,927
Costo de ventas	26	36,893,474	34,236,571	36,994,516
Utilidad bruta		18,316,750	13,495,779	15,096,411
Gastos de administración	27	1,764,524	1,923,268	1,700,985
Gastos de operación y proyectos	27	2,926,065	2,751,687	4,034,268
Impairment de activos a largo plazo	18	(1,373,031)	841,966	8,283,750
Otros ingresos operacionales, neto	28	(505,403)	(274,112)	(378,541)
Resultado de la operación		15,504,595	8,252,970	1,455,949
Resultado financiero, neto	29			
Ingresos financieros		1,159,356	1,311,743	621,924
Gastos financieros		(3,665,390)	(3,463,540)	(2,718,414)
Ganancia (pérdida) por diferencia en cambio		5,514	968,270	(1,870,859)
		(2,500,520)	(1,183,527)	(3,967,349)
Participación en las ganancias (pérdidas) de asociadas y negocios conjuntos	14	32,791	(9,711)	35,121
Resultado antes de impuesto a las ganancias		13,036,866	7,059,732	(2,476,279)
Impuesto a las ganancias	10	(5,634,944)	(4,655,495)	(606,567)
Utilidad (pérdida) neta del periodo		7,401,922	2,404,237	(3,082,846)
Utilidad (pérdida) atribuible:				
A los accionistas		6,620,412	1,564,709	(3,987,726)
Participación no controladora		781,510	839,528	904,880
		7,401,922	2,404,237	(3,082,846)
Utilidad (pérdida) básica por acción		161.0	38.1	(97.0)

Ecopetrol S.A.

(Cifras expresadas en millones de pesos colombianos, excepto la utilidad básica por acción que está expresada en pesos)

Estados de ganancias y pérdidas consolidados

	Nota	Por los años terminados a 31 de diciembre de		
		2019	2018	2017
Ingresos por ventas	24	70,846,769	67,819,935	55,210,224
Costos de ventas	25	(44,957,508)	(41,169,527)	(36,893,474)
Utilidad bruta		25,889,261	26,650,408	18,316,750
Gastos de administración	26	(2,151,599)	(1,653,858)	(1,764,524)
Gastos de operación y proyectos	26	(2,631,754)	(2,903,132)	(2,926,065)
(Gasto) recuperación impairment de activos de largo plazo	17	(1,747,572)	(346,604)	1,373,031
Otros ingresos (gastos) operacionales, neto	27	1,056,796	(35,455)	505,403
Resultado de la operación		20,415,132	21,711,359	15,504,595
Resultado financiero, neto	28			
Ingresos financieros		1,623,336	1,129,563	1,159,356
Gastos financieros		(3,334,469)	(3,511,814)	(3,665,390)
(Pérdida) utilidad por diferencia en cambio		40,639	372,223	5,514
		(1,670,494)	(2,010,028)	(2,500,520)
Participación en los resultados de compañías	13	354,274	154,520	32,791
Utilidad antes de impuesto a las ganancias		19,098,912	19,855,851	13,036,866
Gasto por impuesto a las ganancias	10	(4,596,413)	(7,322,019)	(5,634,944)
Utilidad neta del periodo		14,502,499	12,533,832	7,401,922
Utilidad atribuible:				
A los accionistas		13,251,483	11,556,405	6,620,412
Participación no controladora		1,251,016	977,427	781,510
		14,502,499	12,533,832	7,401,922
Utilidad básica por acción (pesos)		322.3	281.1	161.0